





## Chapter (1)

### Irrigation الري

Irrigation is the application of water to the land for:

هو عملية إمداد التربة بالماء وذلك:

1- Keep its moisture in the limits suitable for plant growth.

2- Washing out the dissolved salts to keep the degree of salt concentration at constant level.

1- للمحافظة على رطوبة التربة اللازمة لنمو النبات.

2- لغسيل التربة من الأملاح الزائدة وبالتالي المحافظة على درجة مقبولة من تركيز الأملاح في منطقة جذور النبات.

### Irrigation Science علم الري

The science which studies the best ways and scientific methods to convey irrigation water from its natural source to the agricultural lands and the best ways for using it.

هو العلم الذي يبحث افضل طرق توصيل مياه الري من مصادرها الطبيعية الى الاراضى الزراعية وكذلك افضل سبل استخدام مياه الري المتاحة بكفاءة.

### The overall irrigation process وتنقسم عملية الري الى

1- توصيل مياه الري من مصادرها خلال شبكة الري حتى الاراضى الزراعية.



- 2- رى الاراضى الزراعية.
- 3- صرف الماء الزائد عن حاجة الارض الزراعية باستخدام المصارف المكشوفة والمغطاة.
- 4- ادارة خزان الماء الجوفى وذلك للمحافظة عليه من النضوب وزيادة نسبة الاملاح به.

#### وينقسم الماء المستخدم فى عملية الري الى اجزاء كالاتى:

- 1- جزء يتسرب من خلال حبيبات التربة الى المياه الجوفية.
- 2- جزء يذهب بالجريان السطحى "run off" الى المصارف المكشوفة.
- 3- جزء يتبخر من سطح الارض.
- 4- جزء يمتص بواسطة جذور النبات.

#### المناطق الرطبة والمناطق الجافة Humid and Arid regions

تسمى كل منطقة على حسب كمية المياه التى تتساقط عليها خلال العام حيث يمكن حساب تلك الكمية بقياس عمق المياه التى تتساقط على وحدة المساحات فى السنة ويكون هذا التقسيم كالاتى:

##### 1- مناطق رطبة: Humid regions

حيث تكون كمية المياه الكلية المتساقطة عليها خلال السنة اكثر من 1000mm

##### 2- مناطق شبه رطبة: Sub humid regions

وهى التى تكون كمية المياه الكلية المتساقطة عليها خلال السنة تتراوح من 500mm الي 1000mm



3- مناطق شبه جافة: Semi arid regions

هي تلك المناطق التي تكون كمية المياه الكلية المتساقطة عليها خلال السنة من 250mm إلى 500mm

4- مناطق جافة: Arid regions

حيث تكون كمية المياه الكلية المتساقطة عليها خلال السنة اقل من 250mm

الاشكال المختلفة لتساقط المياه Forms of Precipitation

1- الرذاذ Drizzle: حيث تكون حبيبات الماء المتساقط ذات قطر اقل من

0.5mm

2- الامطار Rains: حيث تكون حبيبات الماء المتساقطه ذات قطر يبدأ من

0.5mm ولا يزيد عن 6mm

كما ان الامطار تصنف حسب معدل التساقط كالتالي:

1- امطار خفيفة light rains: حيث يكون معدل التساقط اقل من

2.5mm/hour

2- امطار متوسطة Moderate rains: حيث يكون معدل التساقط من

2.5mm/hr إلى 7.5mm/hr

3- امطار غزيرة Heavy rains: حيث يكون معدل التساقط اكثر من

7.5mm/hr

3- Glaze: وهي عبارة عن طبقة من الثلج تتكون على سطح الارض عند

سقوط الامطار أو الرذاذ في منطقة بارده.



4- Sleet: وهو عبارة عن ذرات مياه تتجمد في الهواء عند سقوطها

قبل أن تصل إلى الأرض ويحدث ذلك في درجات الحرارة الأقل من صفر مئوية.

5- Hail: وهو عبارة عن جزيئات الجليد الكبيرة (أكبر من 5 mm)

المتحولة إلى قطرات مياه صغيرة قبل السقوط على الأرض نتيجة تعرضها للتيارات الهوائية.

6- Snow: عند تصاعد بخار الماء من سطح الأرض قد يصادف منطقة

باردة في طبقات الجو فيحدث له تجمد سريع دون المرور بالحالة السائلة

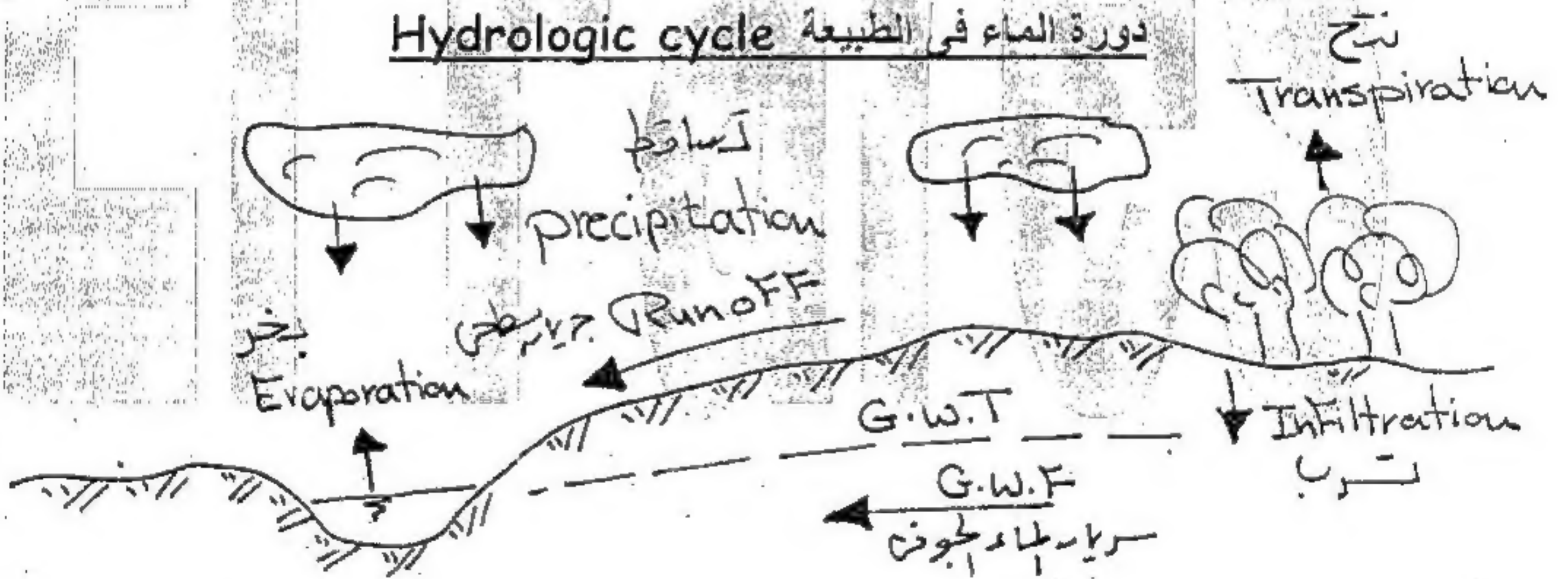
فيسقط على الأرض على هيئة جليد ويسمى Snow.

كما أن هناك أشكال أخرى من المياه مثل الندى Dew والصقيع Frost

وهو عبارة عن قشرة بلجية رقيقة تتكون نتيجة تجمد طبقة من المياه فوق سطح

التربة ولكن هذه الأشكال نادر ما تؤخذ في الاعتبار عند قياس معدلات تساقط المياه.

### دورة الماء في الطبيعة Hydrologic cycle



العملية المستمرة من بخر وتساقط امطار تكون متوازنة ويطلق عليها (دورة

الماء في الطبيعة) وبالتالي يمكن تمثيل تلك العملية بالعلاقة الآتية:

$$P = R + E + S$$



P = Precipitation المياه المتساقطة على الارض بمختلف اشكالها من امطار ورذاذ وتلج.

R = Runoff الماء الذى يسقط على الارض ثم يتحرك فوق سطح الارض بالجريان السطحي حتى يصل الى القنوات والمصارف.

E = Evaporation الماء المتبخر من سطح الارض أو أى سطح مائى مكشوف كالبهار والمحيطات

S = Storage المخزون المائى سواء داخل التربة أو على سطحها

### Types of Irrigation

Natural and Artificial irrigation الري الطبيعى والري الصناعى

عند وصول المياه بصورة طبيعية دون أى تدخل من الانسان الى النبات يكون هذا هو الري الطبيعى ويحدث ذلك من خلال الامطار أو فيضان الانهار.

اما الري الصناعى يعتمد على تخزين مياه الامطار ثم اعادة توزيعها على الارض الزراعية عن طريق شق الترع والقنوات واقامة السدود والخزانات واستخدام طرق الري الحديثة مثل الري بالرش والري بالتنقيط.

### Benefits of Irrigation فوائد الري

- 1- زيادة المحصول وحماية الأراضي من الجفاف.
- 2- يقوم الماء بدور العامل المذيب للمواد الغذائية التى تحتويها التربة وحملها الى جذور النبات.
- 3- يساعد على حفظ رطوبة التربة المناسبة لنمو النبات.
- 4- يحمل الاملاح الزائدة والمواد الضارة بالنبات الى باطن الارض أو المصارف.



## مصادر مياه الري في مصر Irrigation resources in Egypt

1- نهر النيل: The River Nile يعتمد الري في مصر بصورة أساسية

على مياه نهر النيل. وتكون حصة مصر السنوية من مياه النيل 55.5 مليار متر مكعب وحصة السودان 18.5 مليار متر مكعب.

2- المياه الجوفية: Ground water وتكون صالحة للزراعة في أماكن

وتكون مالحة وغير صالحة في أماكن أخرى ويزداد استخدامها في واحات الصحراء الغربية.

3- مياه الأمطار: وتتواجد أكثر ما يمكن على الساحل الشمالي الشرقي

والغربي وتقل تدريجياً كلما اتجهنا إلى الجنوب.

### الأراضي المزروعة في مصر:

تقدر مساحة مصر بحوالي 1 مليون كيلو متر مربع أي حوالي 238 مليون فدان وتقدر مساحة الأرض الزراعية في مصر بحوالي 6.5 مليون فدان أي حوالي 3% من مساحة مصر وهي مساحة ضئيلة خاصة إذا ما قورنت بالاحتياجات الغذائية للسكان وإذا ما قورنت أيضاً بمساحة الأرض القابلة للاستصلاح. وهذا الاستصلاح يحتاج إلى كميات إضافية من المياه يمكن توفيرها بالطرق الآتية.

1- تطبيق طرق الري الحديثة مثل الري بالرش والري بالتنقيط وخاصة في

الأراضي المستصلحة الجديدة.

2- تقليل فاقد المياه في شبكات الري مثل الفاقد بالرشح وذلك بتبطين الترع

والقنوات والفاقد بالبخر وذلك بتقليل مساحة سطح المجري المائي عند تصميمه.

3- تطبيق سياسات تطوير الري والتي تجبر الفلاح على عدم الإسراف في

استهلاك المياه.



## Structures used in irrigation systems

المنشآت المختلفة في مشاريع الري والصرف:

تنقسم تلك المنشآت بوجه عام إلى قسمين:

1- الأعمال الترابية Earth works: مثل شق الترع والقنوات وإقامة الجسور

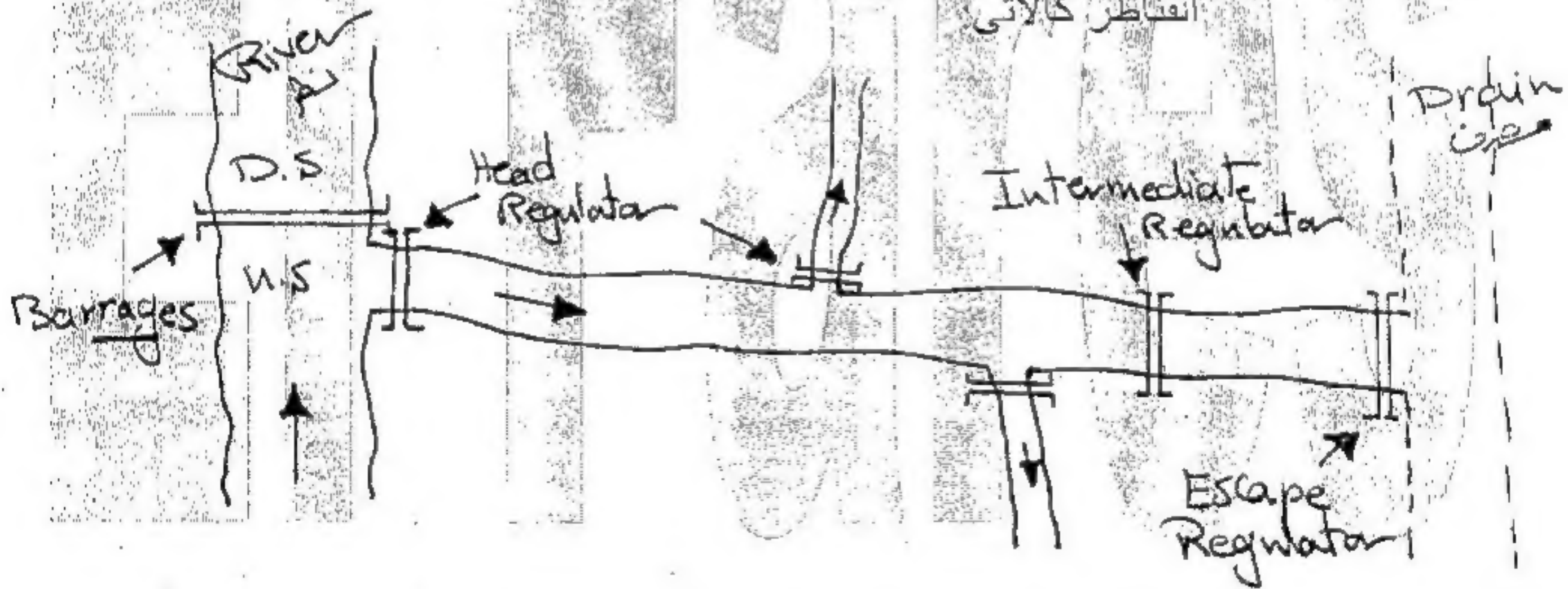
والميول.

2- الأعمال الصناعية Construction works: مثل القناطر والهدارات

والسدود والبدايات والسحارات.

1- القناطر Regulators: تستخدم للتحكم في مناسيب المياه والتصرفات

المارة وتتكون القنطرة من مجموعة فتحات بكل فتحة بوابة حديدية تتحكم في مرور الماء منها. وتوجد أنواع مختلفة من القناطر كالآتي:



أ- القناطر الكبيرة Barrages: وتنشأ على مجرى النهر نفسه بغرض رفع

منسوب المياه في الترع والقنوات المتفرعة من النهر أمام تلك القناطر

ب- قنطرة الفم Head regulator: وتنشأ عند مبادئ الترع بهدف التحكم

في مرور الماء إليها.



جـ - Intermediate regulator: وتنشأ في اماكن معينة على طول مجرى الترعة للتحكم في منسوب المياه بتلك الاماكن وبالتالي يمكن ري الاراضى المرتفعة عندها.

د- قنطرة نهاية Escape regulator: وتنشأ في نهاية المجرى المائى للتحكم في صرف الماء الزائد الى المصرف.

2- الهدار Weir: وينشأ بغرض قياس التصريف ورفع منسوب المياه في المجرى المائى.

3- الكوبرى Bridge: يستخدم عند تقاطع طريق مع مجرى مائى كبير حيث يستمر المجرى المائى كما هو ويمر فوقه الطريق باستخدام الكوبرى.

4- الربخ Culvert: يستخدم عند تقاطع طريق مع مجرى مائى صغير حيث يستمر الطريق كما هو ويمر من اسفله الماء داخل ماسورة او منشأ خرسائى يسمى (ربخ).

5- سحارة Syphon: تنشأ عند تقاطع مجريين مائيين (مثل ترعة ومصرف) حيث يتم امرار مياه المصرف (اسفل) مياه الترعة داخل ماسورة او منشأ خرسائى يسمى سحارة.

6- البدالة Aqueduct: تنشأ عند تقاطع مجريين مائيين (مثل ترعة ومصرف) حيث يتم امرار مياه الترعة (فوق) مياه المصرف داخل ماسورة او منشأ خرسائى يسمى بدالة.

7- الهويس Lock: يتم إنشاؤه فى المجرى المائى الملاحي حيث يسمح للسفن والمراكب بالمرور خلال منطقتين يحتلف منسوب سطح الماء فيهما. فمثلا يتم انشاء الهويس بجوار القنطرة حتى يسمح بمرور المراكب من خلف القنطرة (حيث منسوب المياه منخفض) الى امام القنطرة (حيث منسوب المياه مرتفع) والعكس.



8- المساقط المائية Water falls

فى بعض إنترع ذات الانحدار الشديد يتم انشاء مجموعة متتالية من الهدارات حيث تعمل تلك المجموعة معا على تشتيت طاقة المياه المنحدرة بشدة فى التربة فيقلل النحر.



2

1/10

# Irrigation & Drainage Engineering

2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 2

مري



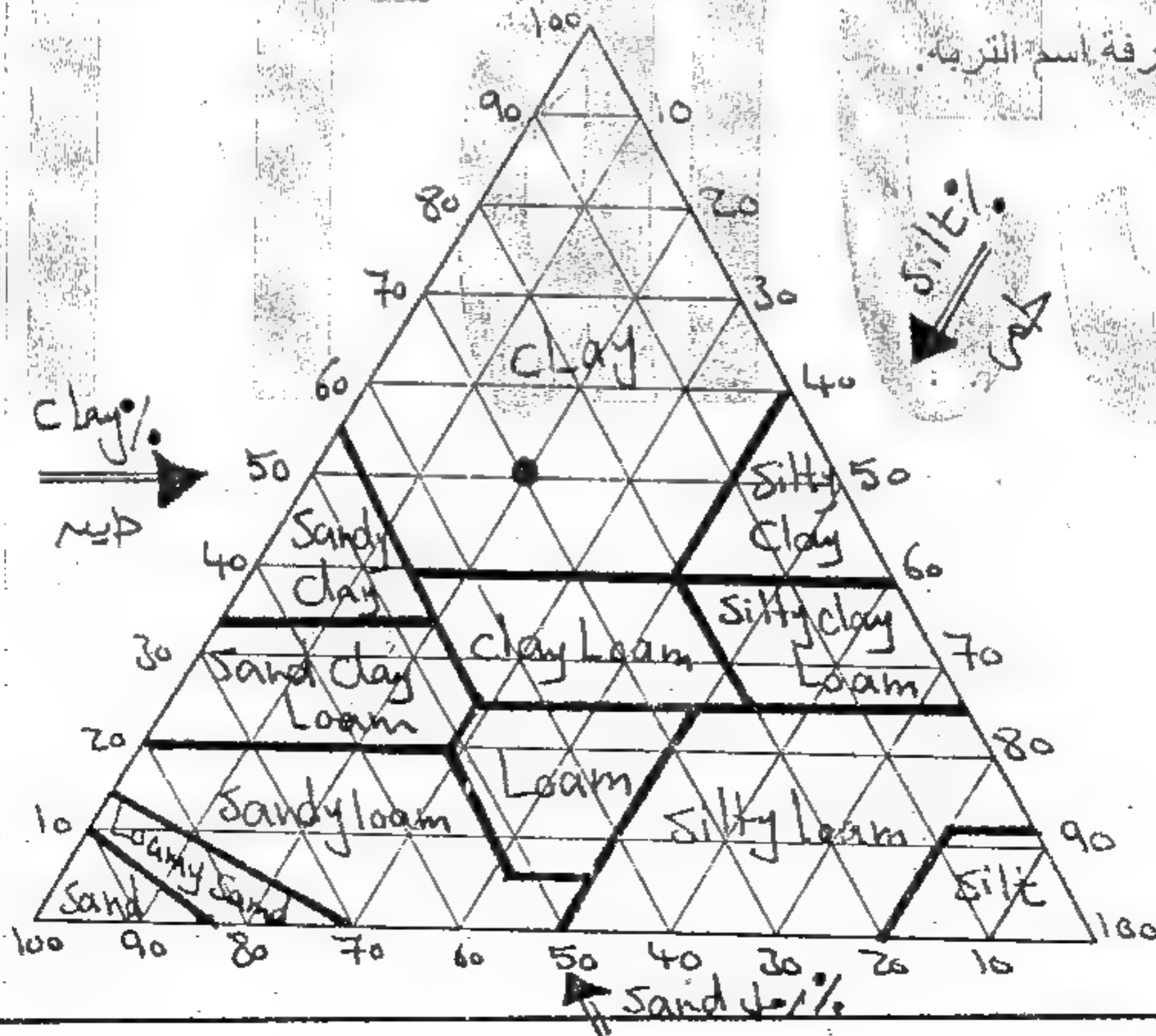
## Chapter (2)

## Soil-Plant-Water Relationships

التربة- النبات- الماء و العلاقات بينهم

Physical properties of soil الخواص انطبيعية للتربة1- قوام التربة: Soil texture

قوام التربة هو مصطلح يدل على مدى نعومة أو خشونة حبيبات التربة ويعتمد على نسبة وجود الرمل "Sand" والطين "Clay" والظمي "Silt" بها. ويتم تحديد النسب المئوية لمكونات التربة باستخدام مجموعة قياسية من المداخل لفصل مجموعات الحبيبات. وبعد تحديد النسبة المئوية لمكونات تلك التربة من الرمل والظمي والطين يمكن تمثيلها بنقطة داخل مثلث تصنيف التربة ويمكن بعد ذلك معرفة اسم التربة.





فمثلاً إذا كانت لدينا عينة من التربة وكانت النسبة المئوية لأوزان مكوناتها كالآتي:

$$\text{Sand} = 30\% , \text{Silt} = 20\% , \text{Clay} = 50\%$$

فإن هذه التربة تقع في منطقة "Clay" داخل المثلث وبالتالي يكون اسمها "تربة طينية Clay".

## 2- بنية التربة: Soil structure

المقصود ببنية التربة نظام ترتيب حبيبات التربة بالنسبة لبعضها أو هي نظام ترتيب المسام "Pores" الصغيرة والمتوسطة والكبيرة داخل التربة.

والبنية تتغير من تربة إلى أخرى ولنفس التربة الواحدة تتغير البنية مع مرور الوقت وهي عامل هام في تحديد المسامية.

ويتم تحسين بنية التربة عندما تحرت الأرض ثم يتم تعريضها للشمس والهواء ونضاف إليها الأسمدة حيث يؤدي هذا إلى تسهيل عملية تخلل الهواء إلى داخل التربة.

## 3- العلاقات بين حجم التربة ووزنها:

### Volume and weight relationships of soil

تتكون عينة التربة من ثلاثة أجزاء هي:

#### 1- الحبيبات الصلبة Soil solids

#### 2- الماء Water

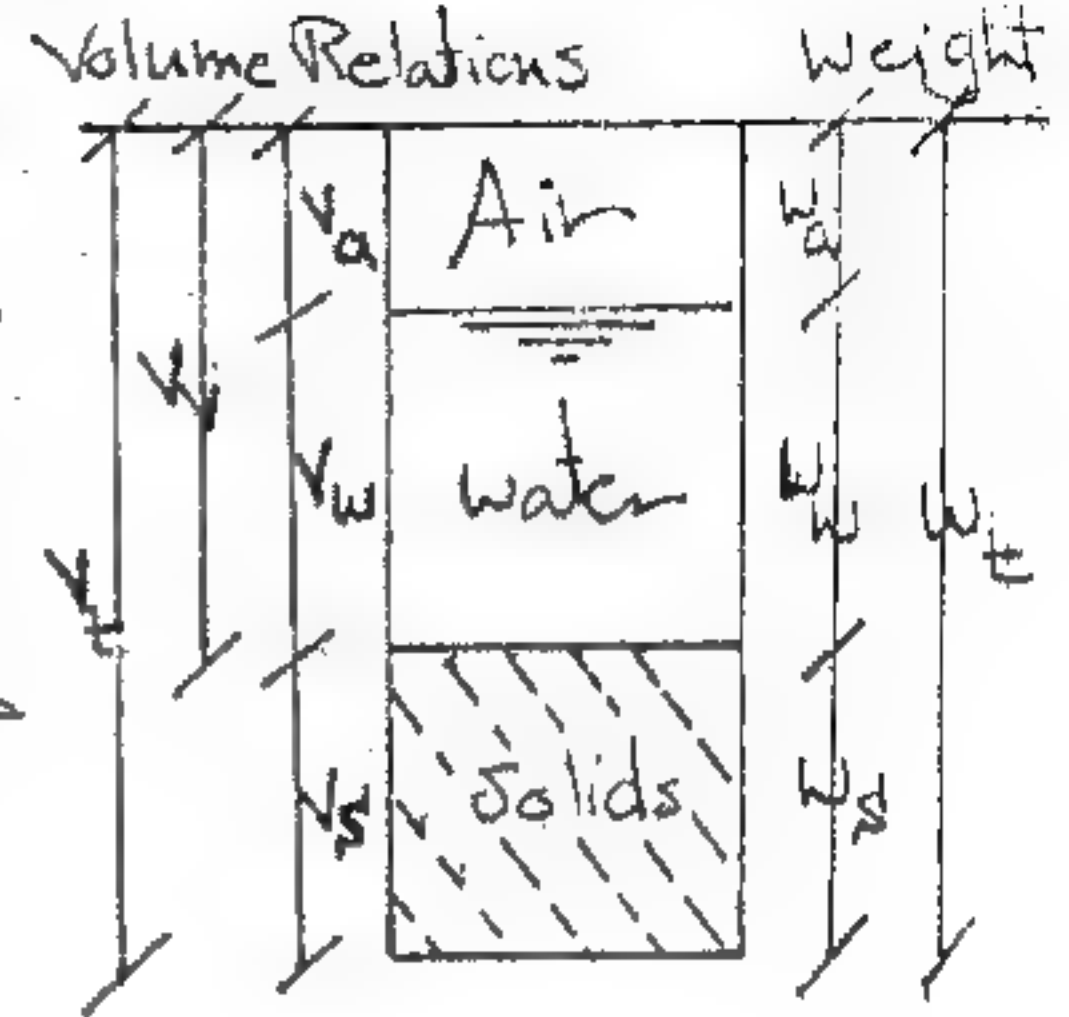
#### 3- الهواء Air

وبالتالي يمكن تمثيل عينة التربة بالشكل التالي:



$W_a$  : weight of air  
 $W_w$  : weight of water  
 $W_s$  : weight of solids  
 $W_t$  : total weight  
 $V_a$  : volume of air  
 $V_w$  : volume of water  
 $V_v$  : volume of voids ( $V_a + V_w$ )  
 $V_s$  : volume of solids  
 $V_t$  : total volume ( $V_v + V_s$ )

وزن الهواء (يتمل)  
 وزن الماء  
 وزن الحبيبات الصلبة  
 الوزن الكلي  
 حجم الهواء  
 حجم الماء  
 حجم الفراغات (المسام)  
 حجم الحبيبات الصلبة  
 الحجم الكلي



### العلاقات بين حجم التربة:

#### (1) الكثافة النسبية الحقيقية للتربة:

#### Real specific gravity "Particle density"

هي النسبة بين وزن وحدة الحجم من حبيبات التربة الجافة بدون فراغات إلى وزن وحدة الحجم من الماء عند درجة حرارة (4 °C).

$$R_s = G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_s}{V_s \cdot \gamma_w}$$

#### (2) الكثافة النسبية الظاهرية للتربة:

#### Apparent specific gravity "Bulk density"

هي النسبة بين وزن وحدة الحجم من حبيبات التربة الجافة بما فيها من فراغات إلى وزن وحدة الحجم من الماء.

$$A_s = \frac{\gamma_b}{\gamma_w} = \frac{W_s}{V_t \cdot \gamma_w} = \frac{W_s}{(V_v + V_s) \cdot \gamma_w}$$



**(3) الكثافة الكلية الجافة: Dry bulk density**

هي النسبة بين وزن حبيبات التربة الجافة إلى الحجم الكلي للتربة بما فيها من فراغات.

$$\gamma_{b_{dry}} = \frac{W_s}{V_t} = \frac{W_s}{V_v + V_s}$$

الكثافة النسبية الظاهرية للتربة ( $A_s$ ) هي نفسها الكثافة الكلية الجافة ( $\gamma_{b_{dry}}$ ) والفارق الوحيد بينهما هو أن ( $A_s$ ) ليست لها تمييز (Dimensionless) بينما وحدات تمييز ( $\gamma_{b_{dry}}$ ) هي  $t/m^3$  أو  $gm/cm^3$  مثلاً.

**طريقة تحديد الكثافة الكلية الجافة للتربة:**

- 1- تؤخذ عينة غير مقلقة (Undisturbed) من التربة باستخدام جهاز (Core sampler) المعلوم الحجم وبالتالي تكون العينة هي الأخرى معلومة الحجم ( $V_t$ ).
- 2- توزن العينة ثم توضع في فرن درجة حرارته ( $105^\circ C$ ) لمدة 24 ساعة لتجفيفها.
- 3- يتم إخراج العينة من الفرن ثم توزن مرة أخرى حيث نحصل على وزن حبيبات التربة الجافة ( $W_s$ ).
- 4- بقسمة ( $W_s$ ) على حجم العينة الكلي ( $V_t$ ) نحصل على الكثافة الكلية الجافة لتلك التربة (Soil bulk density) ، وهي نفسها القيمة العددية للكثافة الظاهرية للتربة (Apparent specific gravity).



(4) الكثافة الكلية للتربة المبتلة: Total wet bulk density

هي النسبة بين الوزن الكلي للتربة إلى الحجم الكلي للتربة.

$$\gamma_{b_{wet}} = \frac{W_t}{V_t} = \frac{W_s + W_w}{V_s + V_w + V_a}$$

(5) انمسامية: Porosity (pore space)

هي النسبة بين حجم الفراغات الموجودة في التربة (حجم الماء والهواء) إلى الحجم الكلي للتربة.

$$n = \frac{V_v}{V_t} = \frac{V_w + V_a}{V_s + V_w + V_a}$$

$$n = 100 \left( 1 - \frac{A_s}{R_s} \right)$$

Where:

$n$  = % Pore space

$A_s$  = apparent specific gravity

$R_s$  = real specific gravity  $\approx 2.65$  لأغلب أنواع التربة الزراعية

(6) نسبة الفراغات: Void ratio

هي النسبة بين حجم الفراغات الموجودة في التربة إلى حجم الحبيبات الصلبة.

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_w + V_a}{V_s}$$



Prove that :  $e = \frac{R_s}{A_s} - 1$

$$\therefore \frac{R_s}{A_s} = \frac{W_s}{V_s \cdot \gamma_w} \times \frac{V_t \cdot \gamma_w}{W_s} = \frac{V_t}{V_s} = \frac{V_v + V_s}{V_s}$$

$$= \frac{V_v}{V_s} + \frac{V_s}{V_s}$$

$$\frac{R_s}{A_s} = \frac{V_v}{V_s} + 1 = e + 1$$

$$\therefore e = \frac{R_s}{A_s} - 1$$

### (7) رطوبة التربة: Soil wetness

يقصد بها محتوى التربة من الماء أو المحتوى الرطوبي للتربة Soil moisture content ويمكن التعبير عنها بالطرق الآتية :

#### أ- على أساس وزن الماء: Dry-weight basis

في هذه الحالة تعرف رطوبة التربة بأنها النسبة بين وزن الماء الموجود في التربة إلى وزن التربة وهي جافة.

$$\therefore \text{Soil moisture content } P_w = \frac{W_w}{W_s} * 100$$



## ب- على أساس حجم الماء: Volume basis

في هذه الحالة تكون رطوبة التربة هي النسبة بين حجم الماء الموجود في التربة إلى الحجم الكلي للتربة.

$$\therefore \text{Soil moisture content } P_v = \frac{V_w}{V_t} * 100$$

$$P_v = P_w \times A_s$$

## ج- على أساس عمق الماء: Depth basis

في هذه الحالة نعتبر رطوبة التربة هي عمق مكافئ من الماء "d" داخل التربة حيث نفترض عينة تربة عمقها "D" ومساحتها "A".

$$V_t = D * A = \text{حجم عينة التربة}$$

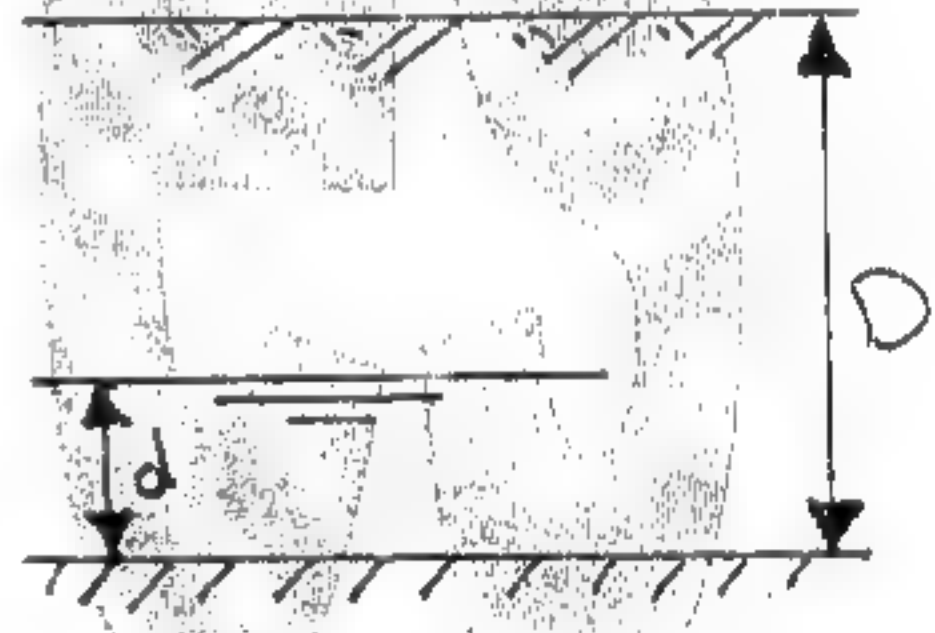
$$V_w = d * A = \text{حجم الماء في عينة التربة}$$

$$\therefore P_v = \frac{V_w}{V_t} * 100 = P_w * A_s$$

$$\therefore V_w = V_t * P_w * A_s * \frac{1}{100}$$

$$d * A = D * A * P_w * A_s * 0.01$$

$$\therefore d = 0.01 * D * P_w * A_s$$





#### 4- قدرة التربة على حجز جزيئات الماء بين حبيباتها أو تسريبها:

### Soil moisture retention and movement

تعتمد تلك القدرة على قوى التجاذب بين الحبيبات والجزيئات حيث توجد

قوتان:

أ- قوة التجاذب بين جزيئات الماء بعضها ببعض "cohesion".

ب- قوة التلاصق بين جزيئات الماء وحبيبات التربة "adhesion".

الخاصية الشعرية "Capillarity" وهي ظاهرة ارتفاع السوائل

داخل الأنابيب الضيقة حيث يعمل الجدار الداخلي للأنبوب على جذب جزيئات

الماء الملاصقة له بقوة التلاصق "adhesion" فتقوم تلك الجزيئات بجذب

الجزيئات المجاورة لها بقوة التماسك "cohesion" وعند الإتزان يكون:

وزن عمود الماء لأسفل (W) = المركبة السطحية لقوة الشد السطحي (F)

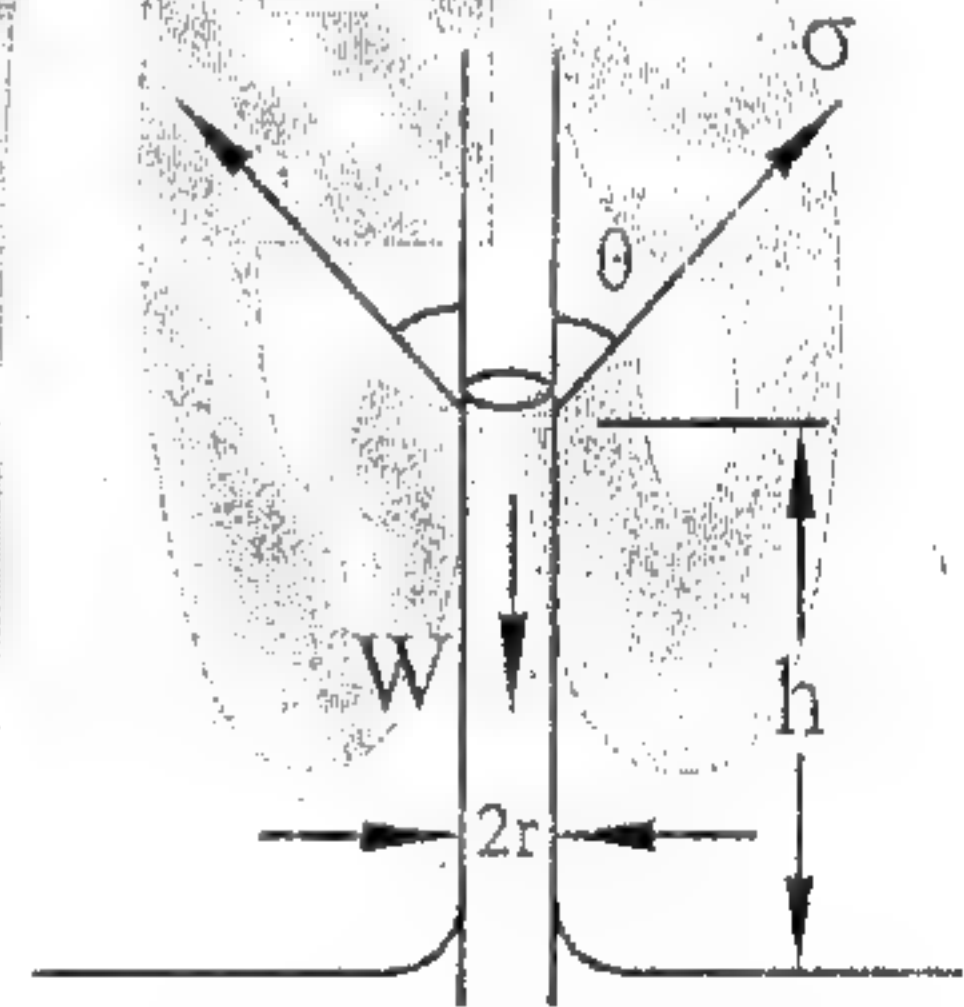
$$\uparrow R = \sigma \cos \theta \cdot L$$

$$= \sigma \cos \theta \cdot 2\pi r$$

$$\downarrow W = (\pi r^2 \cdot h) \cdot \gamma$$

$$\therefore 2\pi r \sigma \cos \theta = \pi r^2 h \cdot \gamma$$

$$\therefore h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\gamma \cdot r}$$



$$\text{For water : } \theta \approx 0 \Rightarrow \cos \theta = 1 \Rightarrow h = \frac{2\sigma}{\gamma \cdot r}$$



و بنفس الظاهرة تصعد جزيئات الماء داخل الفراغات "pores" الموجودة بين حبيبات التربة إلى أعلى ضد الجاذبية الأرضية حيث تعمل تلك الفراغات كأنها أنابيب شعرية.

فبعد عملية الري يهبط الماء لأسفل وعند الوصول إلى حالة الاتزان وتوقف هبوط الماء لأسفل يبدأ الماء الجوفي في الصعود لأعلى بالخاصية الشعرية حيث يصعد بسرعة في حالة التربة الخشنة والتي تمثل الفراغات الموجودة بين حبيباتها أنابيب شعرية منتظمة نسبياً.

بينما يكون صعود الماء الجوفي لأعلى بطيئاً في حالة التربة الناعمة حيث تكون الفراغات الصغيرة بين حبيباتها كثيرة ولكن غير منتظمة وبالتالي لا تعمل كأنابيب شعرية ، وعلى ذلك يصعب على النبات المزروع في الأراضي الطينية الحصول على المياه الجوفية.

ويظل الماء محتجزاً بين حبيبات التربة متأثراً بقوة تسمى قوة الشد الرطوبي للتربة.

"Soil moisture tension" وتلك القوة هي التي تعمل على بقاء الماء في التربة ويمكن تعريفها بأنها "مقدار الطاقة اللازم بذلها لإزالة الماء من التربة".

أما في حالة وجود أملاح ذائبة في ماء التربة فإن تلك الأملاح تؤدي إلى وجود ضغط أسموزي "Osmotic pressure" يزيد من قوة الارتباط بين المياه والتربة فيكون من الصعب على جذور النبات امتصاص الماء من التربة حيث يصبح مفروضاً على جذور النبات لكي تمتص الماء من التربة أن تبذل شغلاً مقداره يساوي محصلة الشد الرطوبي للتربة والضغط الأسموزي لماء التربة وهذا الشغل يسمى

الإجهاد الرطوبي للتربة "Soil moisture stress"



∴ Soil moisture stress = Soil moisture tension + Osmotic pressure of soil solution

الإجهاد الرطوبي للتربة = الشد الرطوبي للتربة + الضغط الأسموزي لمحلول التربة.

لكي يحصل النبات على كفايته من المياه من التربة يجب تخفيض الضغط الأسموزي لمحلول التربة وذلك بتقليل نسبة الأملاح بها عن طريق عمليات غسيل التربة "Leaching".

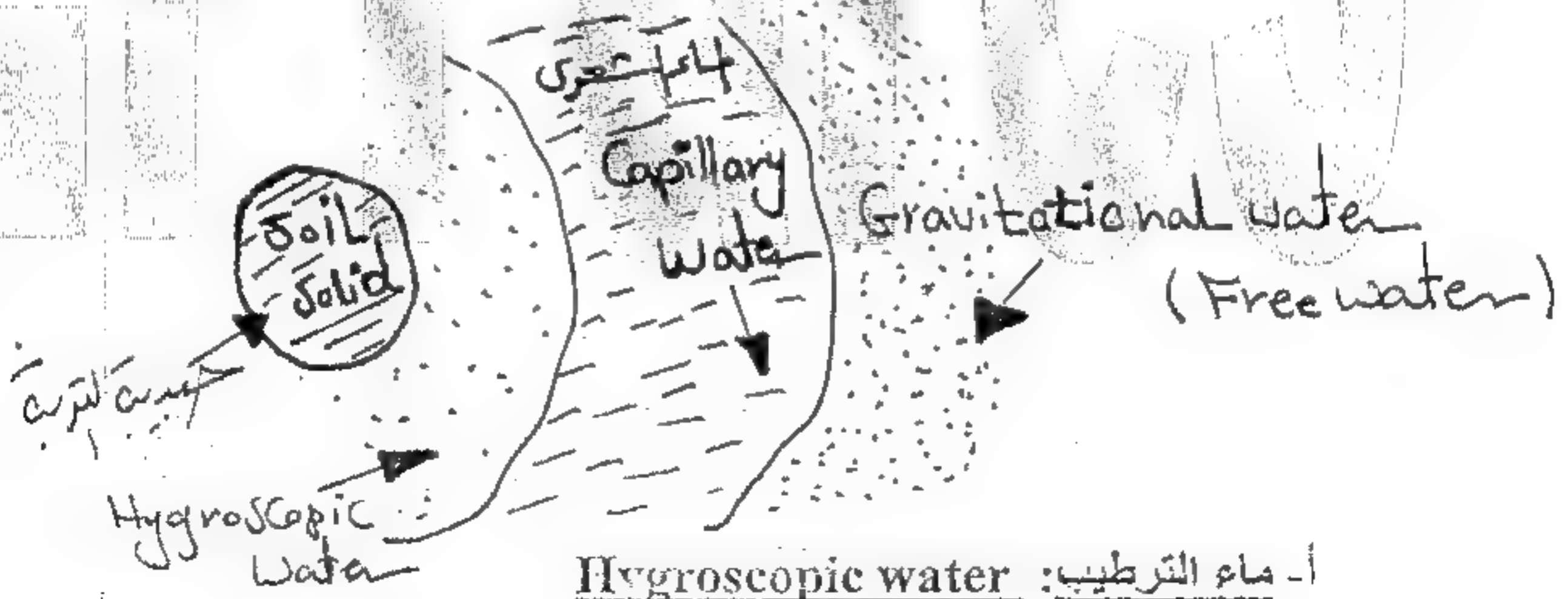
تقاس قوة الشد الرطوبي للتربة وكذلك الإجهاد الرطوبي للتربة بوحدات

الضغط الجوي:

1 atm. = 1.033 kg/cm<sup>2</sup> ≈ 10.33 m of water ≈ 76 cm of mercury

1 bar = 10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup> = 10<sup>6</sup> dyne/cm<sup>2</sup>

5- تصنيف الماء الموجود في التربة: Kinds of soil water



أ- ماء الترطيب: Hygroscopic water

عبارة عن غشاء من الماء رقيق جداً يحيط بكل حبيبة من حبيبات التربة ويرتبط بها بقوة كبيرة جداً ولا يمكن التخلص من هذا الماء إلا بتجفيف التربة وإذا



تركت التربة بعد ذلك في الهواء مرة أخرى يعود إليها الماء الهيجروسكوبي مرة أخرى.

ونظراً لأن جذور النبات لا تقوى على امتصاص ماء الترطيب بسبب قوة ارتباطه الكبيرة بحبيبات التربة فإن النبات لا يستفيد من ماء الترطيب.

### ب- الماء الشعري: Capillary water

وهو عبارة عن غشاء سميك نسبياً فوق طبقة ماء الترطيب ، وهذا الماء الشعري هو الذي تمتصه الجذور وينمو عليه النبات.

### ج- الماء المجذب: gravitational water

هي المياه الزائدة عن السعة الشعرية والتي لا تستطيع الفراغات بين حبيبات التربة الاحتفاظ بها ولذلك تسمى أحياناً بـ " المياه الحرة " حيث تتحرك إلى أسفل بفعل الجاذبية الأرضية حتى تجد طبقة صماء فتتجمع فوقها مكونة الماء الجوفي.

### 6- حركة المياه خلال التربة : Movement of water into soil

#### "Infiltration"

"Infiltration" هي حركة أو مرور المياه من سطح التربة إلى أسفل خلال مسام التربة.

ويعبر عن معدل الترشيح (  $I_r$  Infiltration rate ) بمقدار سمك طبقة المياه التي تترشح داخل التربة خلال زمن معين وتكون وحدات معدل الترشيح هي mm/hour أو inch/hour

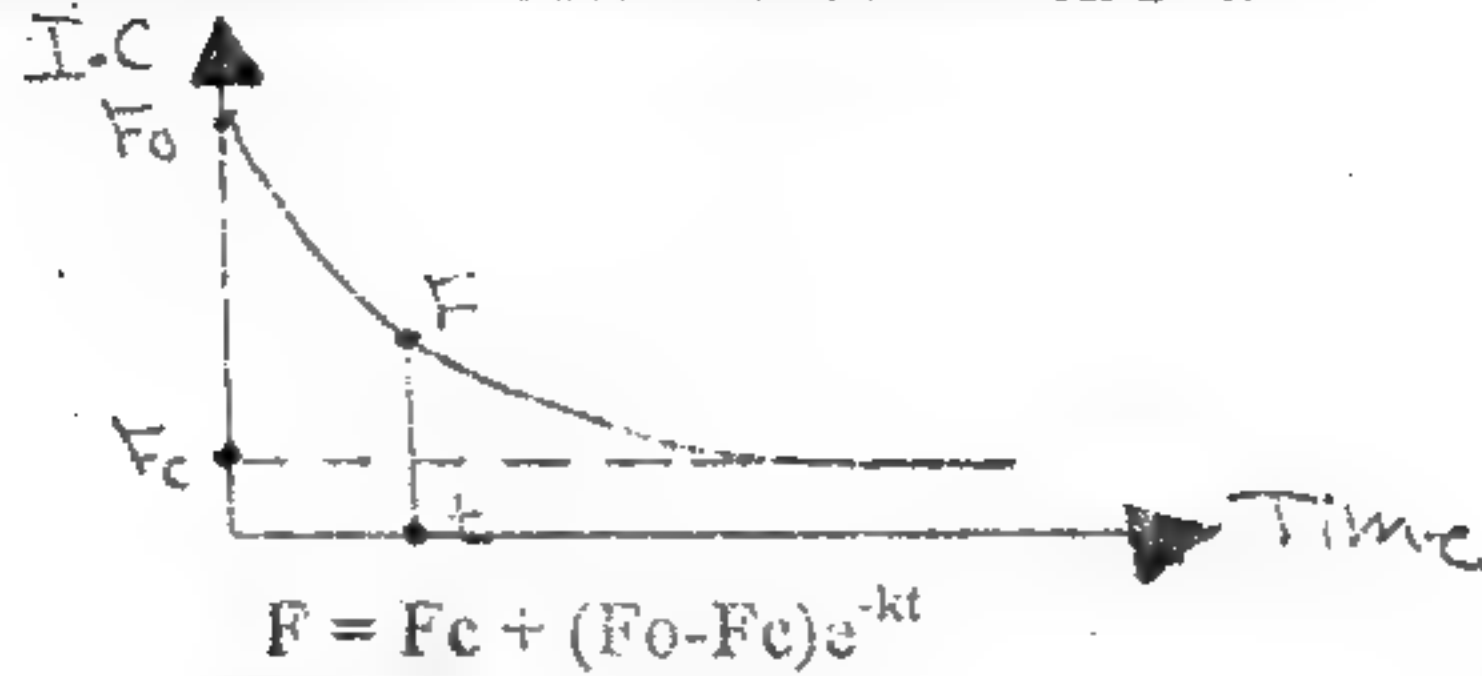
### سعة الترشيح (Infiltration capacity I.C) هي أقصى معدل للترشيح

يمكن أن تستوعبه تربة محددة في ظروف معينة.



استطاع العالم هورتون (Horton) أن يعبر عن سعة الترشيح

Infiltration capacity عن طريق العلاقة الآتية:



حيث أن:-

(F) هي سعة الترشيح عند زمن t من بداية نزول المياه

(F<sub>0</sub>) قيمة سعة الترشيح عند الزمن صفر

(F<sub>c</sub>) سعة الترشيح الثابتة

(K) مقدار ثابت

(e) 2.71828

ويمكن كتابة المعادلة السابقة على الصورة:

$$\log (F - F_c) = \log [(F_0 - F_c)e^{-kt}]$$

$$\log (F - F_c) = \log [(F_0 - F_c)] - [kt \log e]$$

$$\log (F - F_c) - \log (F_0 - F_c) = -kt \log e$$

$$t = \frac{\log (F - F_c) - \log (F_0 - F_c)}{-K \log e}$$

$$t = \left( \frac{-1}{k \log e} \right) [\log (F - F_c) - \log (F_0 - F_c)]$$

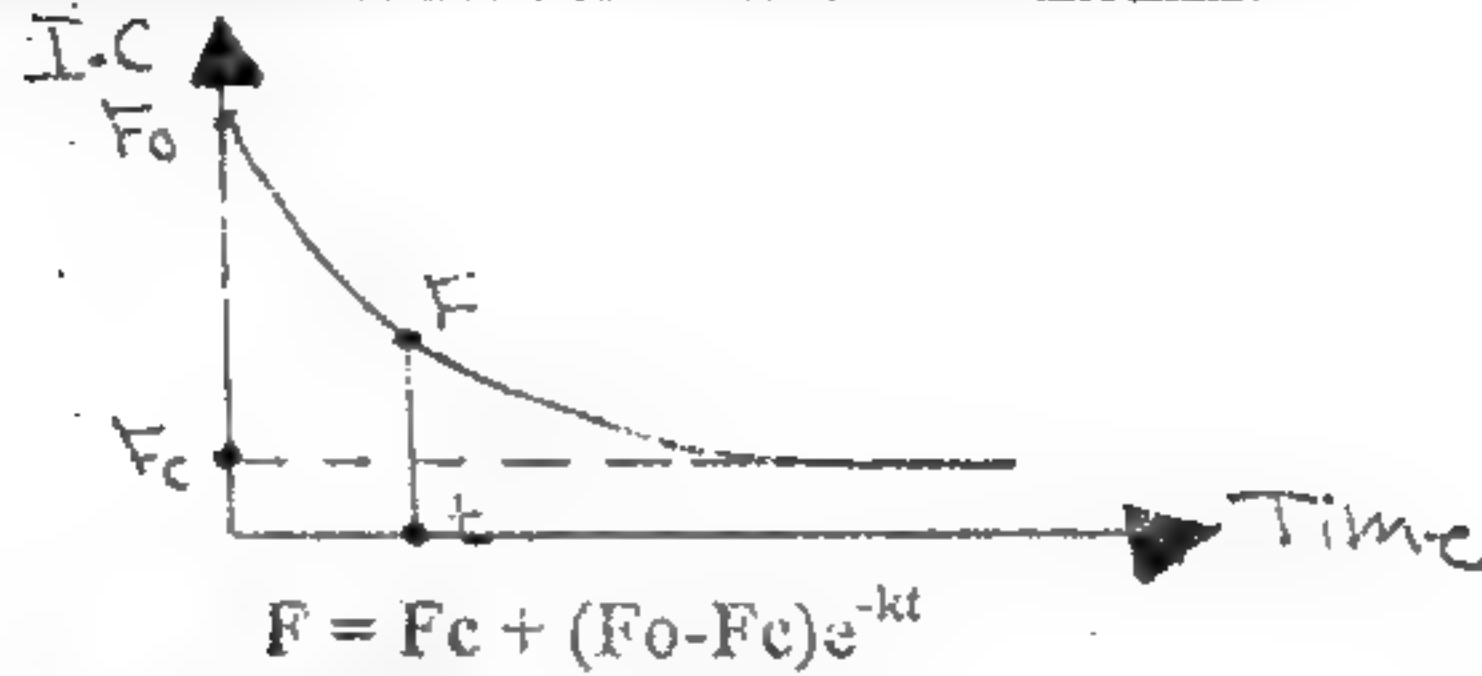
$$t = \frac{-1}{k \log e} * [\log (F - F_c)] + \frac{1}{k \log e} * [\log (F_0 - F_c)]$$

$$\begin{array}{ccccccc} \downarrow & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & \\ Y = & m & * & X & + & C & \end{array}$$



استطاع العالم هورتون (Horton) أن يعبر عن سعة الترشيح

Infiltration capacity عن طريق العلاقة الآتية:



حيث أن:-

(F) هي سعة الترشيح عند زمن t من بداية تزويد التربة بالمياه  
(F<sub>0</sub>) قيمة سعة الترشيح عند الزمن صفر

(F<sub>c</sub>) سعة الترشيح الثابتة  
(K) مقدار ثابت

(e) 2.71828

ويمكن كتابة المعادلة السابقة على الصورة:

$$\log (F - F_c) = \log [(F_0 - F_c)e^{-kt}]$$

$$\log (F - F_c) = \log [(F_0 - F_c)] - [kt \log e]$$

$$\log (F - F_c) - \log (F_0 - F_c) = -kt \log e$$

$$t = \frac{\log (F - F_c) - \log (F_0 - F_c)}{-K \log e}$$

$$t = \left( \frac{-1}{k \log e} \right) [\log (F - F_c) - \log (F_0 - F_c)]$$

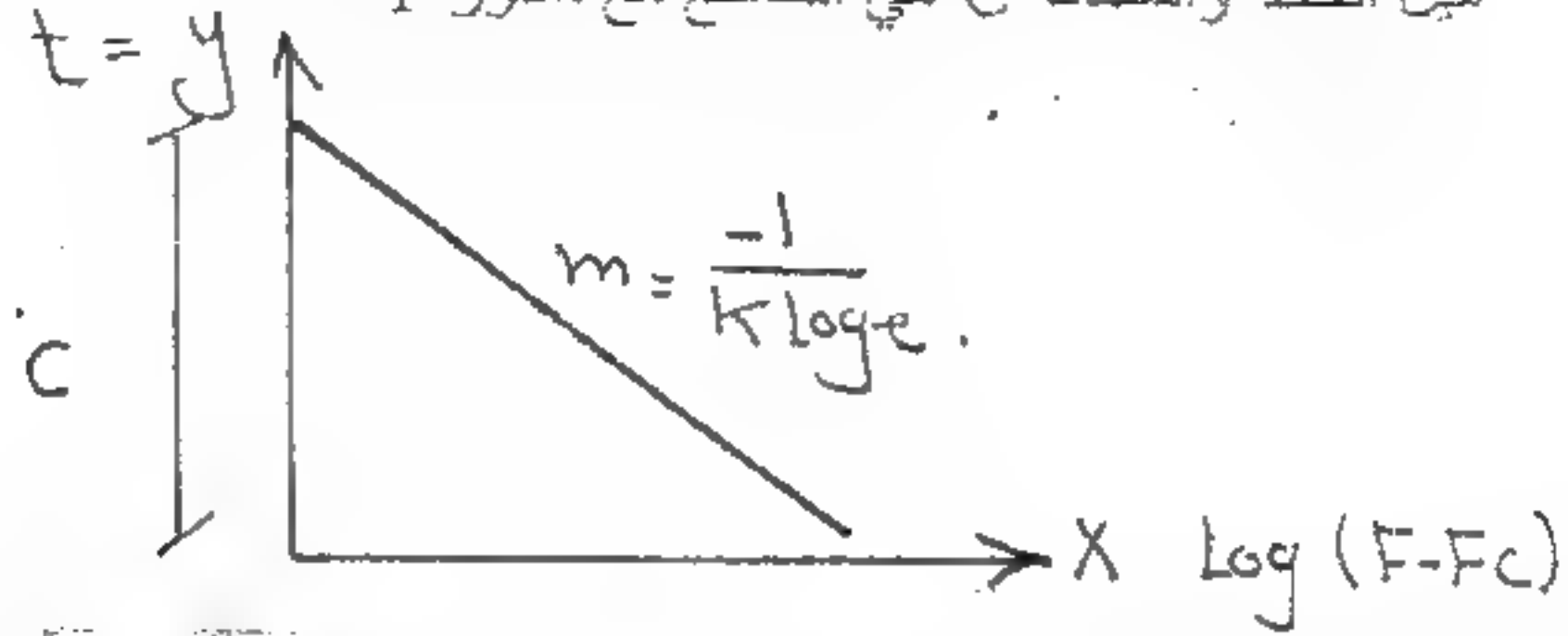
$$t = \frac{-1}{k \log e} * [\log (F - F_c)] + \frac{1}{k \log e} * [\log (F_0 - F_c)]$$

$$\begin{array}{ccccccc} \downarrow & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & \\ Y = m & * & X & + & C \end{array}$$

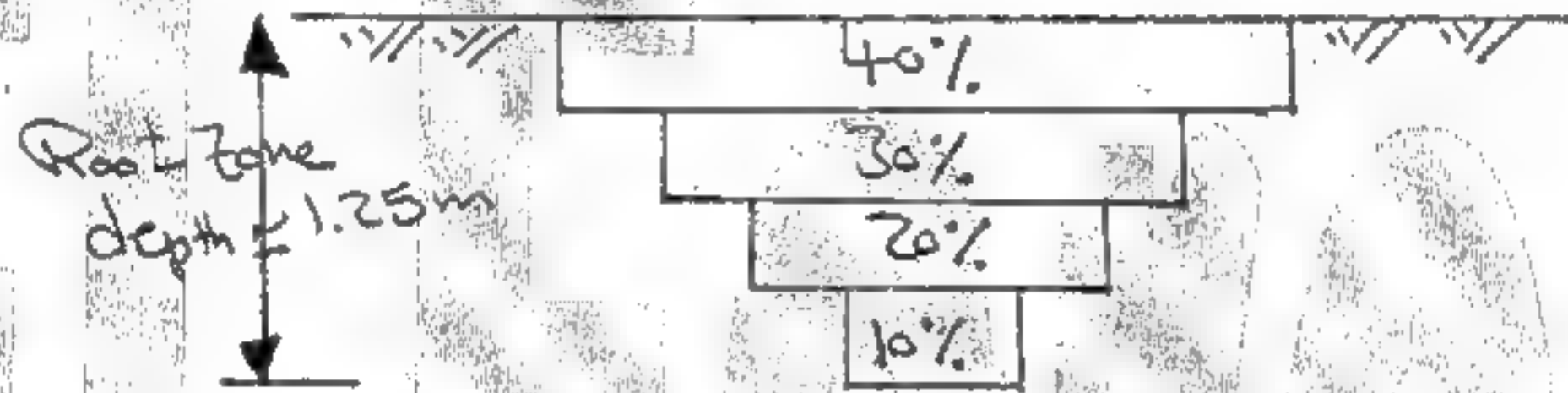


هذه المعادلة يمكن وضعها علي صورة معادلة خطية  $Y=mx+c$  حيث (m) هو

ميل الخط والمسافة C هي التقاطع مع محور Y



### 7- عمق منطقة الجذور: Root zone depth



منطقة الجذور هي المنطقة أسفل سطح التربة والتي تنتشر فيها جذور  
المحاصيل ويكون عمق هذه المنطقة في الغالب 1.25 م.

ويتركز معظم الجذر في الجزء العلوي من منطقة الجذور ولذلك يحتاج الربع  
العلوي من منطقة الجذور إلى حوالي 40% من الاحتياجات المائية الكلية للنبات ثم  
30% للربع الثاني ثم 20% من الاحتياجات المائية للربع الثالث ثم 10% للربع  
الرابع.



3  
1/10  
5

# Irrigation & Drainage Engineering

2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 3

ري



**8- الثوابت الرطوبة للتربة: Soil moisture constants**

هي نسب تواجد الماء في التربة في الحالات المختلفة.

**(1) سعة التشبع: Saturation capacity**

تصل التربة إلى هذه الحالة عندما تمتلئ جميع المسام الموجودة بها تماماً بالماء. وعند هذه الحالة تكون قوة الشد الرطوبي تساوي صفر.

**(2) السعة الحقلية: Field capacity**

هي كمية الرطوبة التي تحتفظ بها التربة بعد أن تتخلص من المياه الزائدة أي بعد توقف حركة كل المياه الهابطة إلى أسفل بفعل الجاذبية الأرضية.

وبمعنى آخر فهي تعادل مجموع مياه الترطيب (Hygroscopic water) والمياه الشعرية (Capillary water).

**At Field capacity:**

Soil moisture tension for sandy soil =  $\frac{1}{10}$  atm.

Soil moisture tension for clayey soil =  $\frac{1}{3}$  atm.

وعادة تصل التربة الزراعية إلى سعتها الحقلية بعد حوالي يوم إلى ثلاثة

أيام من انتهاء عملية الري حسب نوع التربة.

Field capacity = Normal moisture capacity = capillary capacity

**(3) المكافئ الرطوبي: Moisture Equivalent "M.E"**

هي كمية الرطوبة التي تحتفظ بها عينة من التربة مشبعة بالمياه بعد تعريضها لقوة طاردة مركزية (Centrifugal force) تعادل 1000 مرة قوة الجاذبية الأرضية لمدة نصف ساعة.



**(4) نقطة الذبول الدائم: Permanent wilting point**

عبارة عن محتوى الرطوبة الذي يحدث عنده الذبول الدائم للنبات ولكن إذا أضيفت المياه إلى التربة فإن النبات يعود للنمو مرة أخرى.

**(5) نقطة الذبول النهائية: Ultimate wilting point**

عبارة عن محتوى الرطوبة الذي يموت عنده النبات حتى لو أضيفت المياه مرة أخرى إلى التربة ويكون الشد الرطوبي للتربة عند هذه النقطة حوالي 60 ضغط جوي.

**(6) الماء المتاح: Available water**

هي كمية الرطوبة الموجودة في التربة والمحصورة بين السعة الحقلية ودرجة الذبول الدائم.

$$\text{Available water} = \text{Field capacity} - \text{Permanent wilting point}$$

**(7) الماء المتاح بسهولة: Readily available water**

هي كمية الرطوبة الذي يمكن للنبات عندها أن يحصل على الماء بسهولة وهي تمثل حوالي 75% من الماء المتاح.

$$\text{Readily available water} = M.L * \text{available water}$$

$$= M.L * (\text{Field capacity} - \text{wilting point})$$

$$M.L = \text{moisture level} = 75\%$$

**(8) المحتوى الرطوبي المثالي: Optimum moisture content**

هي كمية الرطوبة التي يحدث عندها نمو مثالي للنبات.



(9) العجز الرطوبي للتربة: Soil moisture deficiency

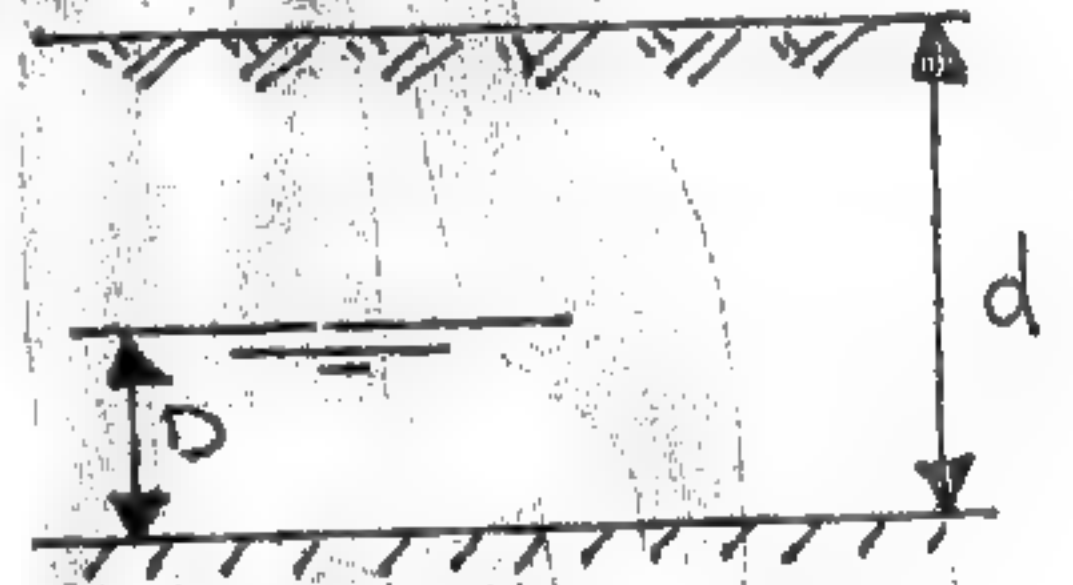
هي كمية المياه التي يجب إضافتها للتربة حتى يصل محتوى الرطوبة بها إلى السعة الحقلية.

الفترة بين ريّتين متتاليتين Frequency of irrigation

يمكن حساب سُمك طبقة المياه اللازم تخزينها في منطقة جذور النبات للوصول إلى المحتوى الرطوبي للماء المتاح بسهولة Readily available water

$$D = \frac{\gamma_s \cdot d}{\gamma_w} \times M.L \times (F_c - W)$$

- D : عمق الماء  
d : عمق منطقة الجذور المراد تشبعها بالماء  
F<sub>c</sub> : السعة الحقلية  
W : نقطة الذبول الدائم  
M.L : المحتوى الرطوبي



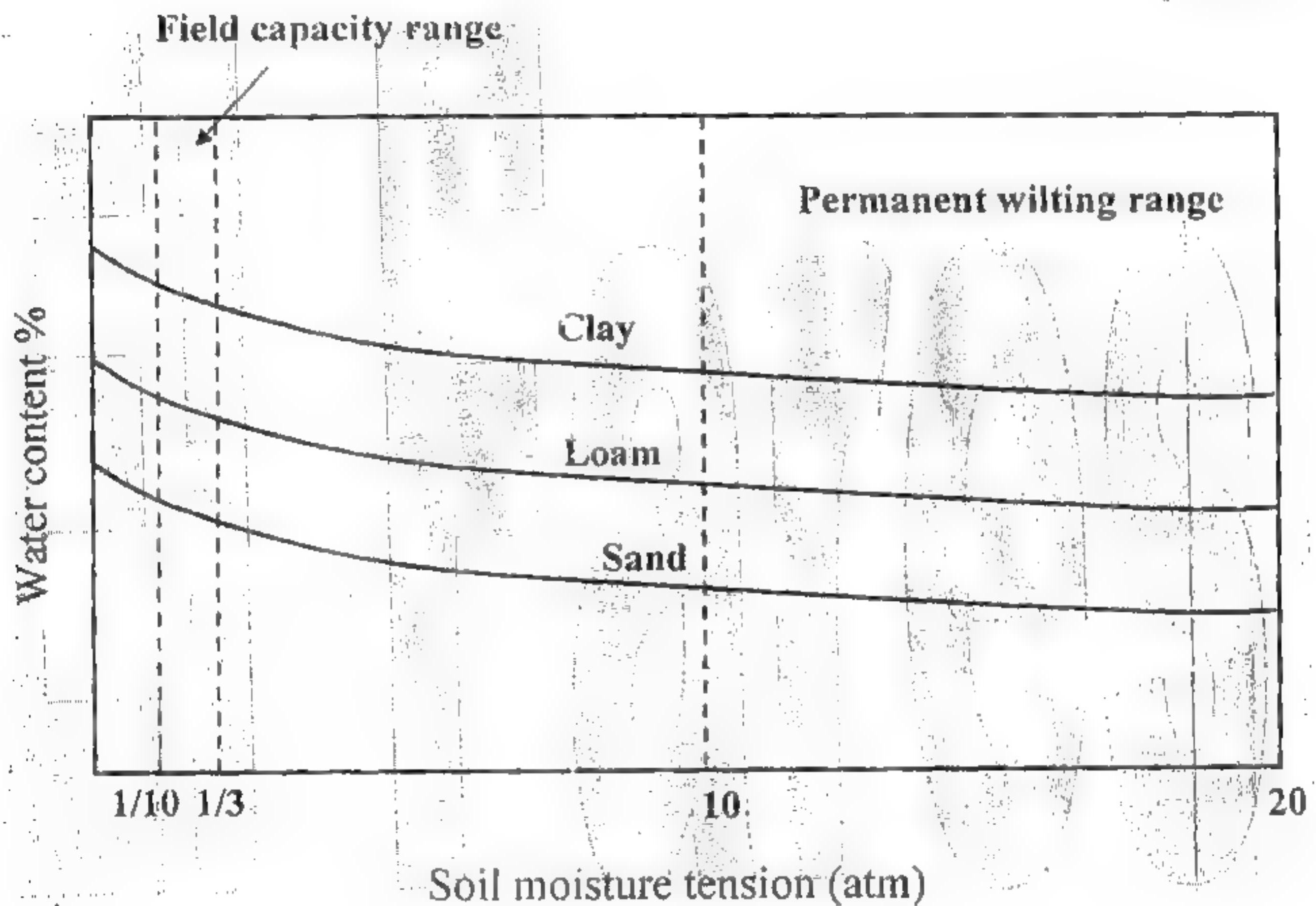
$$F = \frac{D}{Cu}$$

- F : الفترة بين الريّتين  
Cu : الإستهلاك المائي للنبات  
Consumptive use



Moisture extraction curvesCurves of soil moisture variation

هي منحنيات توضح العلاقة بين محتوى رطوبة التربة وقيمة الشد الرطوبي.





## Examples

### Example 1

A cylinder of inner diameter 15.2 cm is used to obtain a soil sample of length 20.3 cm in its natural state, if the moist soil sample weights 56.7 Newton and when oven dried weights 50.8 Newton, Determine :

- a) The percent moisture content on dry weight basis ( $p_w$ ).
- b) The apparent specific gravity of soil.

### Solution

a) Soil moisture content on weight basis =  $p_w = \frac{W_w}{W_s} * 100$

$$W_w = 56.7 - 50.8 = 5.9 \text{ N}$$

$$\therefore p_w = \frac{5.9}{50.8} * 100 = 11.61\%$$

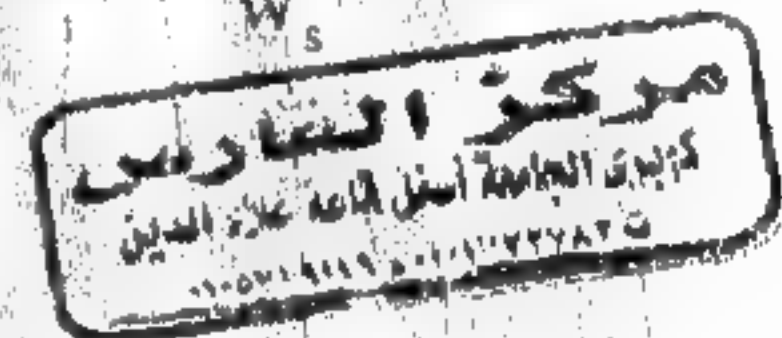
b)  $A_s = \frac{W_s}{V_t * \gamma_w}, \gamma_w = 1 \text{ gm/cm}^3$

$$V_t = \frac{\pi D^2}{4} * L = \frac{\pi * 15.2^2}{4} * 20.3 = 3683.61 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ Kg}_f = 9.81 \text{ N}$$

$$\therefore W_s = \frac{50.8}{9.81} * 1000 = 5178.4 \text{ gm}$$

$$\therefore A_s = \frac{5178.4}{3683.61 * 1} = 1.41$$





Exercise No.2Question 2:

A  $120 \text{ cm}^3$  soil sample originally weighted 200 gm upon drying the sample weighted 180 gm.

- Calculate the bulk density of this sample.
- Calculate  $p_w$  % of ( $\text{H}_2\text{O}$ ) by weight.
- Calculate  $p_v$  % of ( $\text{H}_2\text{O}$ ) by volume.

Solution

$$\text{a) } \gamma_{b_{\text{dry}}} = \frac{w_s}{v_t} = \frac{180}{120} = 1.5 \text{ gm} / \text{cm}^3$$

$$\text{b) Weight of water} = W_w = 200 - 180 = 20 \text{ gm}$$

$$\text{Soil moisture content by weight} = p_w = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

$$\therefore p_w = \frac{20}{180} * 100 = 11.11\%$$

$$\text{c) Soil moisture content by volume} = p_v = \frac{V_w}{V_t} * 100$$

$$\gamma_w = 1 \text{ gm} / \text{cm}^3 = \frac{W_w}{V_w} = \frac{20}{V_w} \Rightarrow V_w = 20 \text{ cm}^3$$

$$\therefore p_v = \frac{20}{120} * 100 = 16.67 \%$$



**Question 3:**

If a soil has a bulk density of  $1.25 \text{ gm/cm}^3$ .  $P_w = 10\%$  at the wilting point.  $P_w = 22\%$  at field capacity, and  $P_w$  at saturation =  $30\%$ .

- Assume the soil is at the wilting point. How many cm of water must be added to bring 1 meter of this soil up to field capacity?
- Assume the soil is at the wilting point. How many cm of water must be added to saturate the soil to depth of 60 cms?
- If the soil is at wilting point, how deep will an 8 cms rainfall soak تخترق the soil? Assume the soil reaches field capacity and all of the precipitation enters the soil.

**Solution**

$$a) D = \frac{\gamma_s \cdot d}{\gamma_w} (F - w)$$

$$\therefore D = \frac{1.25 \cdot 100}{1} (0.22 - 0.1) = 15 \text{ cm}$$

$$b) D = \frac{\gamma_s \cdot d}{\gamma_w} (p_w \text{ "at saturation" } - w)$$

$$\therefore D = \frac{1.25 \cdot 60}{1} (0.3 - 0.1) = 15 \text{ cm}$$

$$c) D = \frac{\gamma_s \cdot d}{\gamma_w} (F - w)$$



$$\therefore 8 = \frac{1.25 \cdot d}{1} (0.22 - 0.1)$$

$$\therefore d = 53.3 \text{ cm}$$

#### Question 4:

A soil is found to consist of two layers of soil with the following characteristics:

	<u>Layer I</u>	<u>Layer II</u>
Depth	0 – 20 cm	20 – 100 cm
Bulk density	1.2 gm / cm <sup>3</sup>	1.2 gm / cm <sup>3</sup>
Field capacity	P <sub>w</sub> = 18%	P <sub>w</sub> = 30%
Wilting point	p <sub>w</sub> = 8%	p <sub>w</sub> = 15%

Assume both layers of soil are initially at the wilting point. How deep will a 5 cm rainfall soak this soil? Assume that all of the rainfall infiltrates the soil and that the rainfall soaks both layers to field capacity.

#### Solution

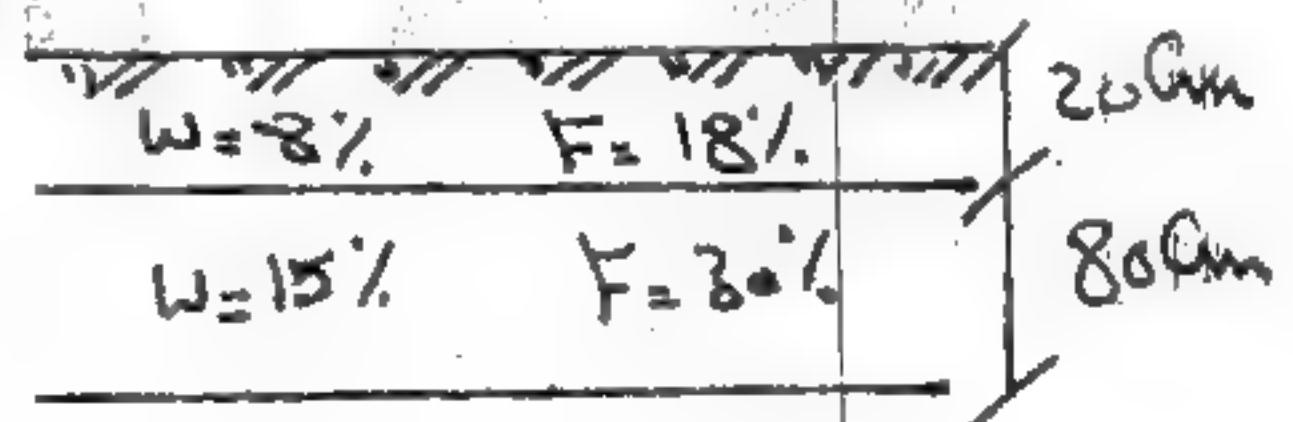
$$D = \frac{\gamma_s \cdot d}{\gamma_w} (F - w)$$

$$D_1 = \frac{1.2 \cdot 20}{1} (0.18 - 0.08) = 2.4 \text{ cm}$$

$$\therefore D_{\text{total}} = 5 \text{ cm} \Rightarrow D_2 = 5 - 2.4 = 2.6 \text{ cm}$$

$$2.6 = \frac{1.2 \cdot d_2}{1} (0.3 - 0.15) \Rightarrow d_2 = 14.44 \text{ cm}$$

$$\therefore d_{\text{total}} = d_1 + d_2 = 20 + 14.44 = 34.44 \text{ cm}$$





**Question 7:**

After how many days will you supply water to soil in order to ensure irrigation of the given crop , if :

$p_w$  at field capacity = 28 %

$P_w$  at wilting point = 13 %

Bulk density of soil =  $1.3 \text{ gm / cm}^3$

Effective depth of root zone = 70 cm

$C_u$  = 12 mm

Optimum soil moisture level = 80 %

**Solution**

$$D = \frac{\gamma_s \cdot d}{\gamma_w} \cdot ML(F-W) = \frac{1.3 \cdot 70}{1} \cdot 0.8(0.28 - 0.13) = 10.92 \text{ cm}$$

$$\therefore F = \frac{D}{C_u} = \frac{10.92}{1.2} = 9.1 \approx 9 \text{ days.}$$

**Question 8:**

Find the field capacity of a soil with the following data :

Root zone depth = 2.5 m

Existing water content = 7.5 %

Dry density of soil =  $1.5 \text{ gm / cm}^3$

Water applied to the soil =  $600 \text{ m}^3$

Water losses due to evaporation = 15 %

Area of plot =  $1000 \text{ m}^2$



Solution

$$\begin{aligned}\text{Volume of water stored} &= (100\% - 15\%) * 600 \\ &= 510 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Depth of water stored} &= \frac{510}{1000} = 0.51 \text{ m} \\ &= 51 \text{ cm} = D\end{aligned}$$

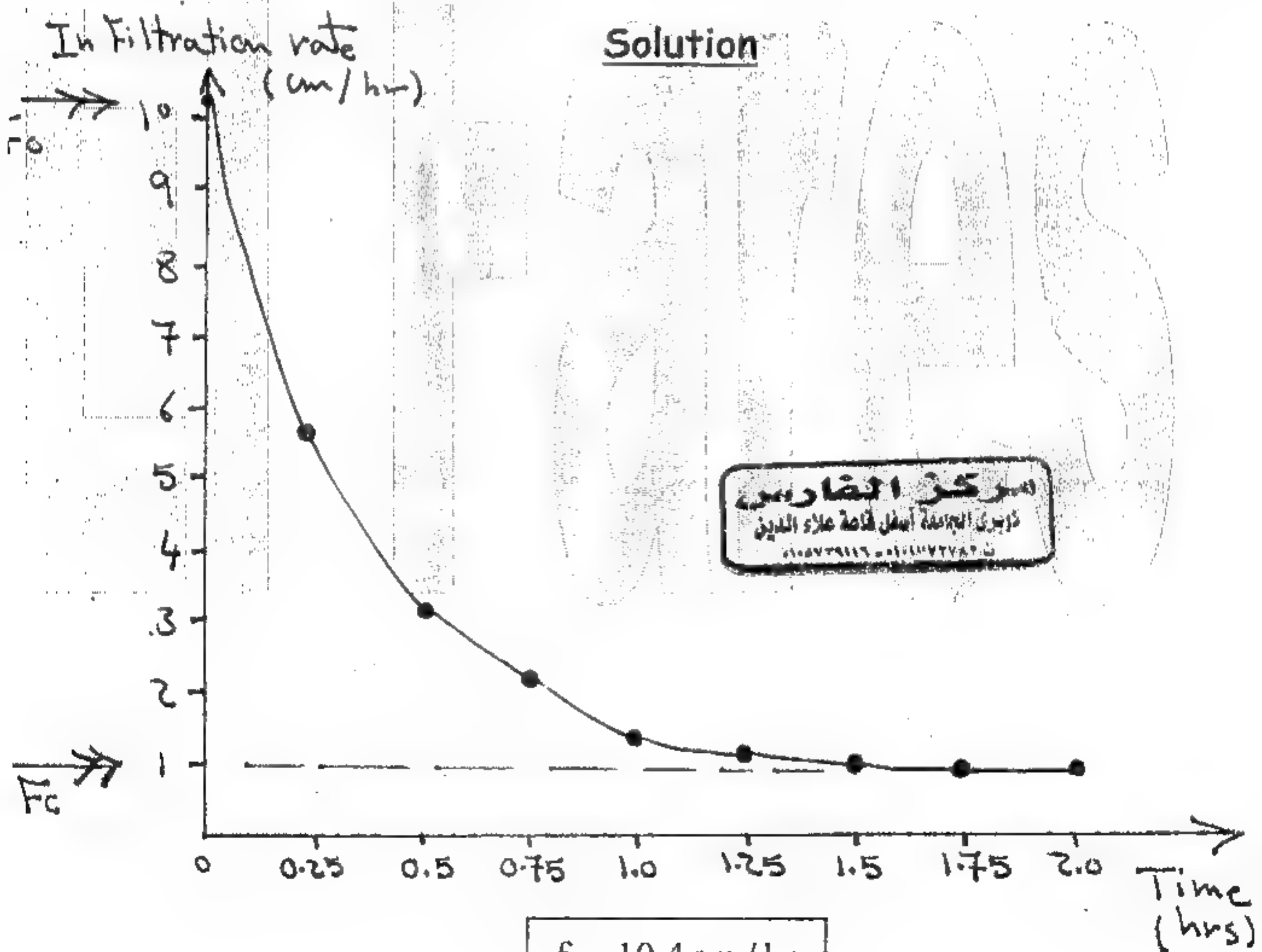
$$\begin{aligned}D &= \frac{\gamma_s \cdot d}{\gamma_w} (F - w) \\ 51 &= \frac{1.5 * 250}{1} (F - 0.075) \\ \therefore F &= 21.1\%\end{aligned}$$



Question 9:

The I.C. “ infiltration capacity ” of an area at different intervals of time is indicated in the following table . Find an equation of the I.C. in the exponential form :

Time (hours)	0.0	0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0
Infiltration rate $F$ ( cm / hr )	10.4	5.6	3.2	2.10	1.5	1.20	1.1	1.00	1.0



$$f = F_c + (F_0 - F_c) e^{-kt}$$

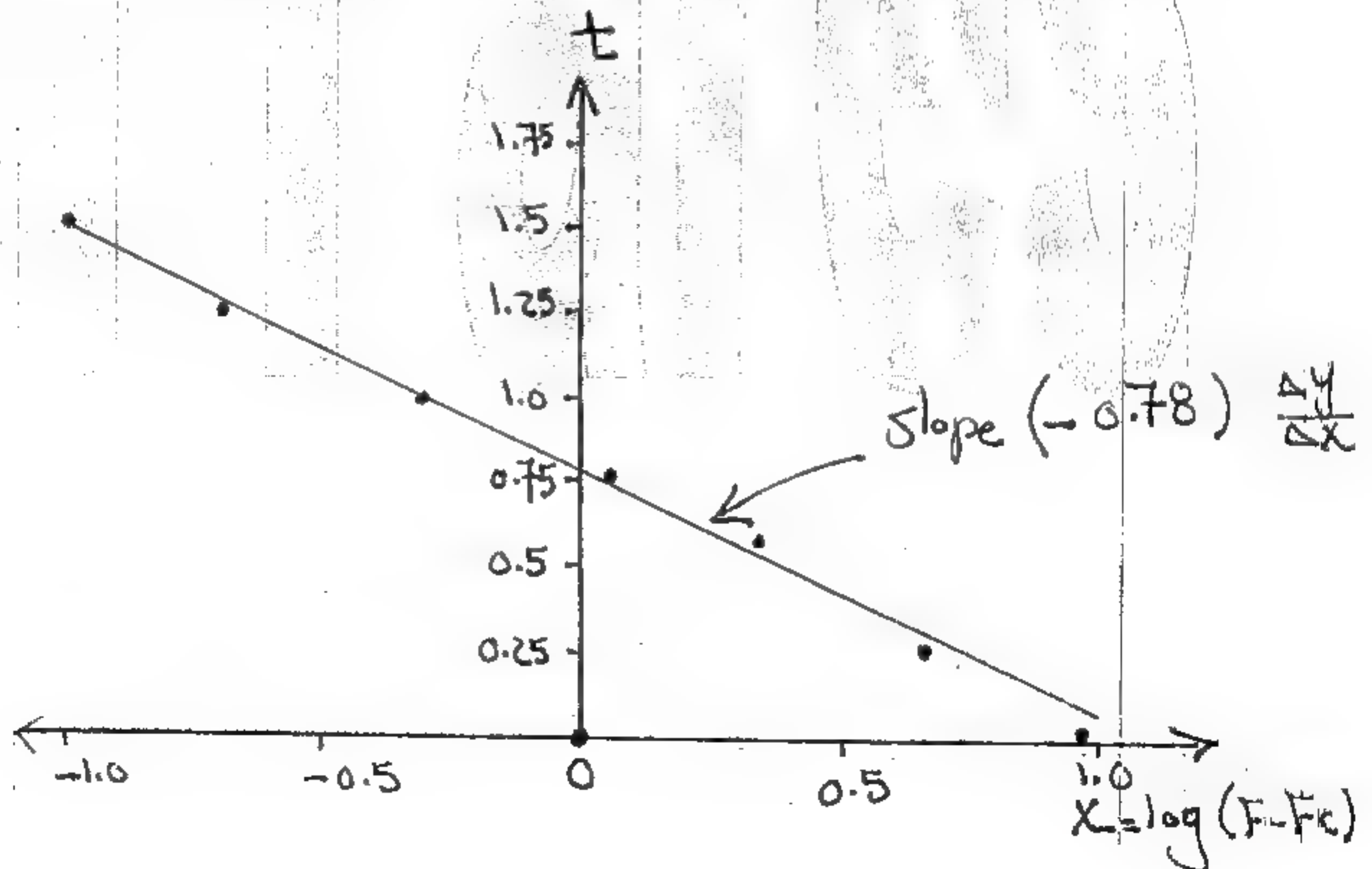
معادلة "هورتون" التي تمثل منحنى تغير سعة الترشيح مع الزمن

$$t = \frac{-1}{k \log e} * [\log (F - F_c)] + \frac{1}{k \log e} * [\log (F_0 - F_c)]$$

$$\begin{array}{ccccccc} \downarrow & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & \\ Y = t & * & X & + & C \end{array}$$

وهذه المعادلة تمثل معادلة خط مستقيم على الصورة  $y = mx + c$

Y = t	0	0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5
(F - F <sub>c</sub> )	9.4	4.6	2.2	1.1	0.5	0.2	0.1
X = log (F - F <sub>c</sub> )	0.97	0.66	0.34	0.04	-0.3	-0.7	-1





$$m = \frac{-1}{K \log e}$$

$$\text{slope} = -0.78 = m = \frac{-1}{K \log e}$$

$$\therefore k \log e = \frac{1}{0.78}$$

$$K = 2.95$$

$$F = 1 + (10.4 - 1)e^{-2.95t}$$

$$\therefore F = 1 + 9.4e^{-2.95t}$$

611  
9-6-14

# Irrigation & Drainage Engineering

El

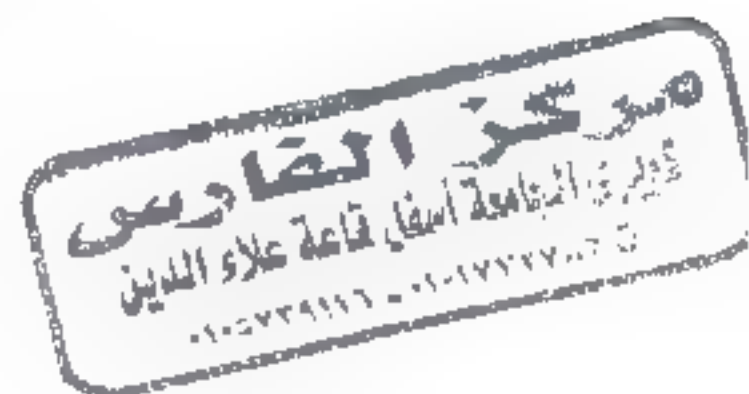
2<sup>nd</sup> year Civil Engineering  
الفرقة الثانية مدني  
No. 4



## Chapter (3)

### Crops Consumptive use of water

الإستهلاك المائي للمحاصيل



#### Consumptive use (Evapo-transpiration):

هو عبارة عن كمية المياه التي يستخدمها النبات في مراحل النمو وكذلك المياه المفقودة من التربة عن طريق البخر (مجموع كميتي النتج والبخر).

#### Potential Evaporation:

هي أقصى كمية مياه يمكن أن تتبخر من منطقة معينة إلى الغلاف الجوي تحت تأثير العوامل الجوية في هذه المنطقة.

#### 1- Blaney - criddle Equation

قام (بلاني - كريدل) بحساب معدل استهلاك النبات لمياه الري وذلك عن طريق ربط التأثيرات الجوية مثل متوسط درجة الحرارة والنسبة المئوية لساعات سطوع الشمس حيث وضعوا المعادلة الآتية :

$$U = 192 K P (t + 17.8) / 100 \quad \text{m}^3 / \text{Fed} / \text{month}$$

$$U = 4.57 K P (t + 17.8) / 100 \quad \text{cm} / \text{month}$$

Where :

U = monthly consumptive use of crop. الاستهلاك المائي الشهري للنبات

K = crop coefficient "From table" معامل يتوقف على نوع المحصول

P = monthly day light hours as a percent of day light hours of the year.

نسبة عدد ساعات سطوع الشمس خلال الشهر المحدد إلى عدد ساعات سطوع الشمس في السنة .

متوسط درجات الحرارة خلال الشهر ( $^{\circ}\text{C}$ )  $t$  = mean monthly temperature

$$U = k.p.t / 100 \quad \text{Inch/ month}$$

$t$  = mean monthly temperature ( $^{\circ}\text{F}$ )

$$t_{f^{\circ}} = 1.8 * t_{c^{\circ}} + 32$$

مركز القادسي  
كلية الزراعة - جامعة القاهرة  
٠١٠٧٧٧٧٧٧ - ٠١٠٧٧٧٧٧٧

Monthly consumptive use crop coefficient (k)

Crop	Months											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rice				.85	1.0	1.15	1.3	1.25	1.1	.90		
Maizu				.50	.60	.70	.80	.80	.60	.50		
Wheat	.50	.70	.70	.70								
Sugarcane	.75	.80	.85	.85	.90	.95	1.0	1.0	.95	.90	.85	.75
Cotton				.50	.60	.75	.90	.85	.75	.55	.50	.50
Vegetables	.50	.55	.60	.65	.70	.75	.80	.80	.70	.60	.55	.50
Berseem	.50	.70	.80	.90	1.0				.60	.65	.70	.65
Citrus	.50	.55	.55	.60	.60	.65	.70	.70	.65	.60	.55	.55

مركز القادسي  
كلية الزراعة - جامعة القاهرة  
٠١٠٧٧٧٧٧٧ - ٠١٠٧٧٧٧٧٧

مركز القادسي  
كلية الزراعة - جامعة القاهرة  
٠١٠٧٧٧٧٧٧ - ٠١٠٧٧٧٧٧٧



Latitude  
خط العرض

Monthly daylight hours as percent of daylight hours of the year (P)

Lat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	8.50	7.66	8.49	8.21	8.5	8.22	8.50	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50
5	8.32	7.57	8.47	8.29	8.65	8.41	8.67	8.60	8.23	8.42	8.07	8.30
10	8.13	7.47	8.45	8.37	8.81	8.60	8.86	8.71	8.25	8.34	7.91	8.10
15	7.94	7.36	8.43	8.44	8.98	8.80	9.05	8.83	8.28	8.26	7.75	7.88
20	7.74	7.25	8.41	8.52	9.15	9.00	9.25	8.96	8.30	8.18	7.58	7.66
25	7.53	7.14	8.39	8.61	9.33	9.23	9.45	9.09	8.32	8.09	7.40	7.42
30	7.30	7.03	8.33	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.33	7.99	7.19	7.15
32	7.20	6.97	8.37	8.76	9.62	9.59	9.77	9.27	8.34	7.95	7.11	7.05
34	7.10	6.91	8.36	8.80	9.72	9.70	9.88	9.33	8.36	7.90	7.02	6.92
36	6.99	6.85	8.35	8.85	9.82	9.82	9.99	9.40	8.37	7.85	6.92	6.79
38	6.87	6.79	8.34	8.90	9.92	9.95	10.10	9.47	8.38	7.80	6.82	6.66
40	6.76	6.72	8.33	8.95	10.02	10.08	10.22	9.54	8.39	7.75	6.72	6.52
42	6.63	6.65	8.31	9.00	10.14	10.22	10.35	9.62	8.40	7.69	6.62	6.37
44	6.49	6.58	8.30	9.06	10.26	10.38	10.49	9.70	8.41	7.63	6.49	6.21
46	6.34	6.50	8.29	9.12	10.39	10.54	10.64	9.79	8.42	7.57	6.36	6.04
48	6.17	6.41	8.17	9.18	10.53	10.71	10.80	9.89	8.44	7.51	6.23	5.86
50	5.98	6.30	8.24	9.24	10.68	10.91	10.99	10.00	8.46	7.45	6.10	5.65
52	5.77	6.19	8.21	9.29	10.85	11.13	11.20	10.12	8.49	7.39	6.03	5.43
54	5.55	6.08	8.18	9.36	11.03	11.38	11.43	10.26	8.51	7.30	5.74	5.18
56	5.30	5.95	8.15	9.45	11.22	11.67	11.69	10.40	8.53	7.21	5.54	4.89
58	5.01	5.81	8.12	9.55	11.46	12.00	11.98	10.55	8.55	7.10	4.31	4.56
60	4.67	5.65	8.08	9.65	11.74	12.39	12.31	10.70	8.57	6.98	5.04	4.22

## 2- Greeve's Equation

$$U = 180 K \cdot C \cdot d \cdot t \quad \text{m}^3/\text{fed}/\text{month}$$

Where:

U = monthly consumptive use of crop.

K = Greeve's coefficient. معامل يعتمد على نوع المحصول

C = Coefficient depends on degree of humidity.

معامل يعتمد على درجة الرطوبة

d = Coefficient depends on day light in month.

معامل يعتمد على عدد ساعات النهار المضيئة بالنسبة للشهر

مركز الدراسات والبحوث  
البيئية والري  
جامعة القاهرة  
11511



$t_c$  = Mean monthly temperature. متوسط درجة الحرارة في الشهر

Greeve's Coefficient  
"K"

Crop	"K"
Rice	1.4
Maize	0.5
Wheat	0.5
Sugarcane	0.7
Cotton	0.6
Vegetables	0.5
Berseem	0.65
Citrus	0.6
Beans	0.6

Coefficient  
"C"

% of humidity	"C"
10%	0.37
20%	0.32
30%	0.28
40%	0.25
50%	0.21
60%	0.17
70%	0.13
80%	0.09
90%	0.05
100%	0.02

Factor "d"

Month	Latitude 30°	Latitude 35°
Jan.	0.88	0.85
Feb.	0.84	0.83
March	1.00	1.00
April	1.05	1.06
May	1.14	1.17
June	1.14	1.17
July	1.16	1.19
August	1.11	1.32
Sept.	1.10	0.96
Oct.	0.96	0.94
Nov.	0.86	0.84
Dec.	0.86	0.82

مركز الدراسات والبحوث  
البيئية والبيئية  
البيئية والبيئية  
البيئية والبيئية

مركز الدراسات والبحوث  
البيئية والبيئية  
البيئية والبيئية  
البيئية والبيئية



### 3- Thornthwaite Equation

تعتمد فكرة هذه المعادلة على حساب أقصى كمية من المياه يمكن أن تتبخر من سطح الأرض لمساحة معينة (Potential Evaporation  $PE_t$ ).  
ثم حساب معدل الإستهلاك على أنه نسبة من هذا التبخر.

$$U = K_c \cdot PE_t \quad \text{cm/month}$$

حيث:  $K_c$  = معامل يعتمد على نوع المحصول " من الجدول "

$$PE_t = 1.6 L_d \left( \frac{10 t}{I} \right)^a \quad \text{cm/month}$$

$L_d$  = Percent of daylight hours during month to the number (360) hours.

النسبة بين عدد ساعات الإضاءة في الشهر إلى العدد 360 ساعة (من الجدول)

$t$  = average monthly air temperature "C"

$$I = \sum_{i=1}^{12} i, \quad i = (0.2 t)^{1.514}$$

$$a = 0.000000675 I^3 - 0.0000771 I^2 + 0.0179 I + 0.49239$$

Crop Water Use Coefficient ( $K_c$ )

Month	$K_c$						
	Barley	Alfalfa	Wheat	Beans	Maize	Cotton	Rice
January	1.07	0.89	1.02	0.80			
Feb.	1.03	0.91	1.08	1.04		0.59	
March	0.60	0.92	1.04	1.05		0.74	
April		0.90	0.57	1.00		1.00	
May		1.06			0.39	1.14	1.05
June					0.75	1.13	1.17
July					1.09	1.00	1.31
August					1.03	0.78	1.20
Sept.							0.96
October		0.46					
Nov.	0.62	0.87	0.57				
Dec.	0.93	0.89	0.69	0.61			

مركز القادسي  
كلية الزراعة  
جامعة القاهرة  
010249116

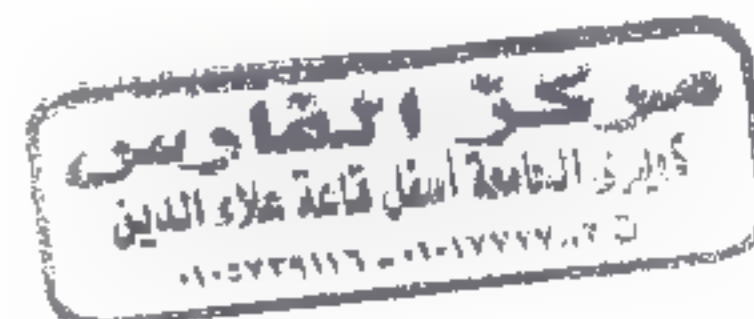
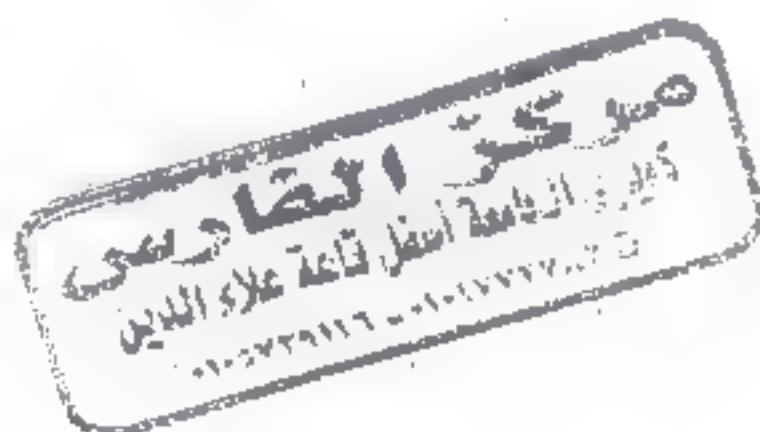
(L<sub>d</sub>)

Month	Latitude			
	20	30	35	40
January	0.95	0.90	0.87	0.84
February	0.90	0.87	0.85	0.83
March	1.03	1.03	1.03	1.03
April	1.05	1.08	1.09	1.11
May	1.13	1.18	1.21	1.24
June	1.11	1.17	1.21	1.25
July	1.14	1.20	1.23	1.27
August	1.11	1.14	1.16	1.18
September	1.02	1.03	1.03	1.04
October	1.00	0.98	0.97	0.96
November	0.93	0.89	0.86	0.83
December	0.94	0.88	0.85	0.81



#### 4- Penman Equation

تعتمد هذه المعادلة علي حساب  $PE_p$  Potential Evaporation عن طريق بعض العوامل مثل سرعة الرياح وقياس أشعة الشمس الساقطة علي سطح الأرض بالإضافة الي الفرق بين ضغط بخار الهواء وضغط بخار التبخير.





## Examples

### Example 1

It is required to calculate the water consumptive use during the period from 13 to 21 of July (8 days) for an area cultivated with “Alfalfa برسيم” using the available information and using Blaney and criddle formula:

- Average air temperature during the given period = 22.3c.
- Number of day light hours during the specified month with respect to the year “P” = 10.68 %.
- The average value of crop coefficient during the specified period = 1.08.

### Solution

$$U = 4.57 KP (t + 17.8) / 100$$

$$U = 4.57 * 1.08 * 10.68 * (22.3 + 17.8) / 100$$

$$= 21.14 \text{ cm / month} = \frac{21.14}{31} = 0.682 \text{ cm/day}$$

$$\text{Consumptive use during (8days)} = 0.682 * 8 = 5.45 \text{ cm}$$

### Example 2

Using “Blaney and criddle” equation it is required to calculate the maximum period between 2- successive watering for a certain crop during a certain period according to the following data:

- Effective root zone depth "d" = 50 cm.
- Average temperature "t" = 25 c
- Number of day light hours during the specified month with respect to the year "p" = 8.38%
- The average value of crop coefficient during the specified period "k" = 0.7
- Apparent specific gravity for cultivated soil = 1.4
- Field capacity and permanent wilting point (on weight basis) = 21% , 12% .
- Optimum moisture level (M.L) = 80 %

### Solution

$$\text{Frequency of irrigation} = F = \frac{D}{CU}$$

$$\text{Depth of water stored in the root zone} = D = \frac{\gamma_s \cdot d}{\gamma_w} \cdot ML (F - W)$$

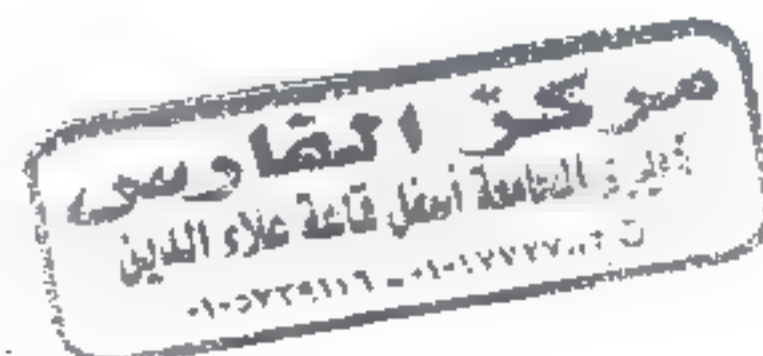
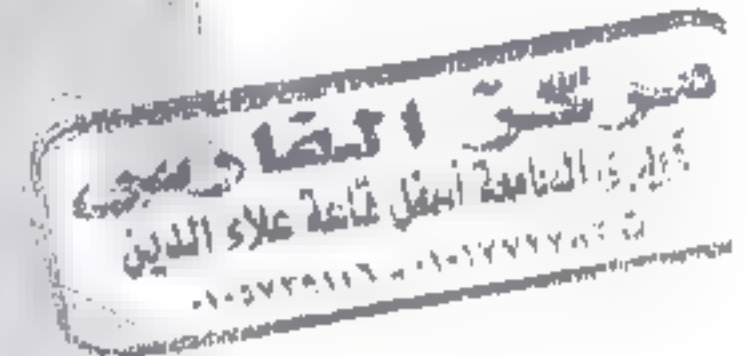
$$\therefore D = 1.4 \cdot 50 \cdot 0.8 \cdot (0.21 - 0.12) = 5.04 \text{ cm}$$

$$CU = U = 4.57 Kp (t + 17.8) / 100$$

$$\therefore CU = 4.57 \cdot 0.7 \cdot 8.38 \cdot (25 + 17.8) / 100 = 11.47 \text{ cm/month}$$

$$= \frac{11.47}{30} = 0.38 \text{ cm/day}$$

$$\therefore f = \frac{D}{CU} = \frac{5.04}{0.38} = 13.26 \text{ days} \approx 13 \text{ days}$$





Exercise No.3Question 2:

Using Blaney and criddle equation it is required to calculate the water consumptive use and the maximum period between two watering during a certain period from the growing stage of a certain crop according to the following information:

- Average air temperature =  $25^{\circ} \text{ c}$
- Percent of day light hours during the month with respect to the year = 8.4 :
- Average value of Blaney – criddle “k” = 0.75 .
- Effective root depth “d” = 85 cm .
- Apparent specific gravity = 1.4
- Field capacity ( as an equivalent water depth ) = 20 cm
- Wilting point ( weight basis ) = 12 %

Solution

نفرض مساحة من الأرض الزراعية مقدارها  $1 \text{ m}^2$

حجم التربة الموجود بها الجذر  $\text{volume of soil} = 0.85 * 1 \text{ m}^2 = 0.85 \text{ m}^3$

weight of soil =  $0.85 * 1.4 = 1.19 \text{ ton}$

حجم الماء الموجود بتلك التربة  $\text{volume of water} = 0.2 * 1 \text{ m} = 0.2 \text{ m}^3$

وزن الماء  $\text{weight of water} = 0.2 * 1 = 0.2 \text{ ton}$

$$\therefore \text{field capacity ( weight basis )} = \frac{W_w}{W_s} * 100 = \frac{0.2}{1.19} * 100 = 16.81\%$$

$$U = 4.57 k p (t + 17.8) / 100 = 4.57 * 0.75 * 8.4 (25 + 17.8) / 100 \\ = 12.32 \text{ cm / month} = 0.41 \text{ cm / day}$$

$$\text{assume ML} = 80\% : D = \frac{\gamma_s \cdot d}{\gamma_w} \text{ML} (F - W)$$

$$D = 1.4 * 85 * 0.8 (0.1681 - 0.12) = 4.58 \text{ cm}$$

$$\therefore \text{Frequency of irrigation} = F = \frac{D}{U} = \frac{4.58}{0.41} = 11.17 \approx 11 \text{ days}$$



# Irrigation & Drainage Engineering

2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 5

ري







$W_f$  = Water delivered to the farm. كمية المياه التي تصل الحقل

**(4) Water Storage Efficiency ( $E_s$ ):** كفاءة تخزين المياه في منطقة الجذور

$$E_s = \frac{W_s}{W_n} * 100$$

$W_s$  = Water stored in the root zone of the plants.

كمية المياه المختزنة في منطقة جذور النبات أثناء عملية الري

$W_n$  = Water needed in the root zone.

كمية المياه الواجب توفيرها في منطقة الجذور

**(5) Water Distribution Efficiency ( $E_d$ ):** كفاءة توزيع المياه على

الحقل

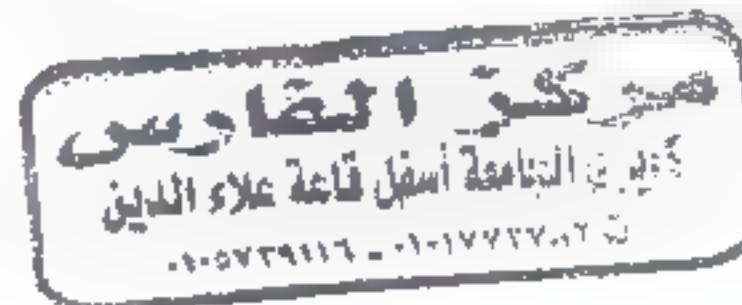
$$E_d = \left(1 - \frac{y}{d}\right) * 100$$

$d$  = Average depth of water stored along the run during the irrigation.

متوسط سمك طبقة المياه المختزنة في منطقة الجذور خلال فترة الري

$y$  = Average numerical deviation in depth of water stored from average depth stored.

متوسط تغير سمك طبقة المياه المختزنة في منطقة الجذور في أول الحقل وآخره



Example

A stream of 135 lit/sec was diverted from a canal and 100 lit/sec were delivered to the field. An area of 1.6 hectares was irrigated in eight hours. The effective depth of root zone was 1.8 m. The runoff loss in the field was 432 m<sup>3</sup>. The depth of water penetration varied linearly from 1.8 m at the head end of the field to 1.2 m at the tail end. Available moisture holding capacity of the soil is 20 cm per meter depth of soil. If irrigation starts when moisture extraction level reaches 40 percent of the available moisture, determine:

- The water conveyance efficiency.
- Water application efficiency.
- Water storage efficiency.
- Water distribution efficiency.

**Solution**(a) Water conveyance efficiency:

$$E_c = \frac{W_f}{W_r} * 100 = \frac{100}{135} * 100 = 74\%$$

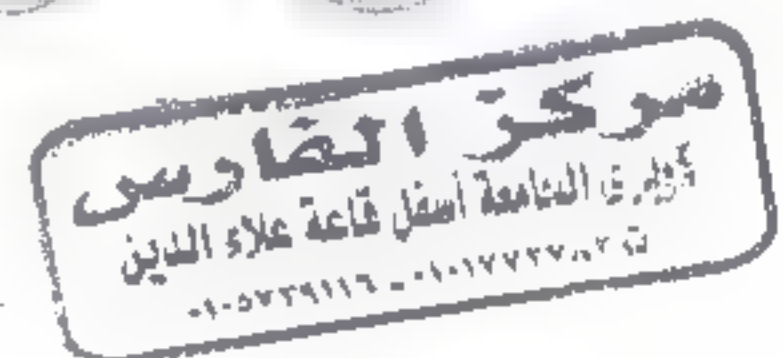
(b) Water application efficiency:

$$E_a = \frac{W_s}{W_f} * 100$$

$$W_f = \text{Water delivered to the farm} = \frac{100 * 8 * 60 * 60}{1000} = 2880 \text{ m}^3$$

$$W_s = \text{Water stored in the root zone} = 2880 - 432 \text{ الفواقد}$$

$$= 2448 \text{ m}^3$$





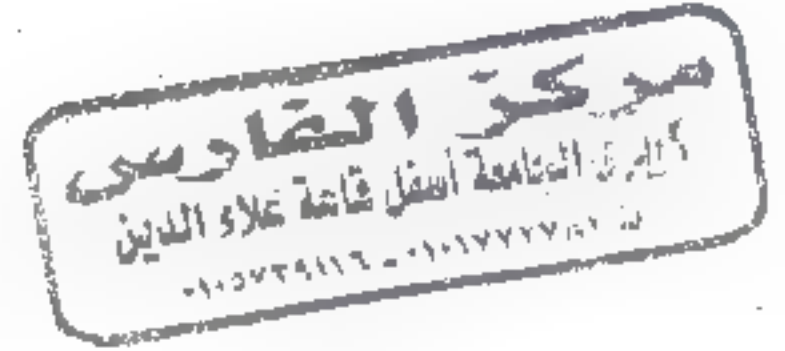
$$\therefore E_a = \frac{2448}{2880} * 100 = 85\%$$

### © Water storage efficiency:

$$E_s = \frac{W_s}{W_n} * 100$$

1 م ← 20 سم

1.8 م ← y سم



$$\therefore \text{Moisture holding capacity of the root zone } y = \frac{1.8 * 20}{1} = 36 \text{ cm}$$

عمق الماء في منطقة الجذور

تبدأ عملية الري عندما يقل المحتوى الرطوبي ويصل 40% من المحتوى الرطوبي المتاح. ولذلك فإن احتياج النبات يساوي 60%

$$\text{Moisture needed} = 36 * (1 - 0.4) = 21.6 \text{ cm} = 0.22 \text{ m}$$

$$= 0.22 * 1.6 * 10000 \text{ (الهكتار } = 10000 \text{ م}^2) = 3520 \text{ m}^3$$

$$\therefore \text{Water storage efficiency} = \frac{2448}{3520} * 100 = 69.5\%$$

### (d) Water distribution efficiency:

$$E_d = \left( 1 - \frac{y}{d} \right) * 100$$



$$d = \text{Average depth of water stored} = \frac{1.8 + 1.2}{2} = 1.5 \text{ m}$$

$$y_1 = |1.8 - 1.5| = 0.3 \text{ m}, \quad y_2 = |1.2 - 1.5| = 0.3 \text{ m}$$

$$y = \text{Average deviation} = \frac{0.3 + 0.3}{2} = 0.3$$

$$\therefore E_d = \left( 1 - \frac{0.3}{1.5} \right) * 100 = 80\%$$



An area of 100 acres of moderately coarse, sandy loam soil is to be planted with Alfalfa. The root depth is 4 ft. The max., and min. temperatures for the month of July is  $73^{\circ}\text{F}$  and  $95^{\circ}\text{F}$  respectively. The monthly percentage of day time hours for July is 9.67, and the bulk density of soil is 1.25.

i) Determine the seasonal consumptive use if the crop coefficient is 0.8,

ii) Find the storage capacity in 52 cms depth of the soil if field capacity is 27%, permanent wilting point is 13%, dry unit weight of soil is  $1.5 \text{ gm/cm}^3$  and the irrigation water is to be when the soil moisture falls to 18%

### Solution

i) Blaney-Criddle

$$U = k.p.t / 100 \quad \text{Inch/ month}$$

$$t_{\text{average}} = \frac{95 + 73}{2} = 84^{\circ}\text{F}$$

$$U = \frac{0.8 * 9.67 * 84}{100} = 6.5 \text{ in/month}$$

ii)

$$E_s = \frac{W_s}{W_n} * 100$$

$$D = \frac{\gamma_s \cdot d}{\gamma_w} \cdot ML (F - W)$$

$$\therefore D = 1.5 * 52 * 0.8 * (0.27 - 0.13)$$

$$W_n = 8.74 \text{ cm}$$

مركز القادسي  
البرق الجامعة أسفل قاعة علاء الدين  
٠١٠٥٧٢٩١١٦ - ٠١٠١٧٧٢٧٠٠٢

مركز القادسي  
البرق الجامعة أسفل قاعة علاء الدين  
٠١٠٥٧٢٩١١٦ - ٠١٠١٧٧٢٧٠٠٢



$$\therefore D = 1.5 * 52 * 0.8 * (0.27 - 0.18)$$

$$Ws = 5.62 \text{ cm}$$

$$Es = \frac{5.62}{8.74} * 100 = 64.3 \%$$

---

# Irrigation & Drainage Engineering

2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 6

ري



## Chapter (4)

### Crops and Irrigation rotations

#### دورة المحاصيل ومناوبات الري

#### Water requirements of crops الاحتياجات المائية للمحاصيل

هي كمية المياه التي يحتاجها ذلك المحصول خلال فترة زمنية محددة من أجل عملية النمو الطبيعي له.

#### 1- خواص المحاصيل الرئيسية: Characteristics of main crops

##### (1) القمح: Wheat

القمح محصول شتوي ويحتاج إلى رية واحدة قبل زراعته ثم يحتاج من 4 - 5 ريات أثناء فترة نموه بعمق من 6 - 7.5 سم للرية الواحدة.

##### (2) القطن: Cotton

القطن محصول صيفي يحتاج من 8 - 10 ريات عند زراعته في الدلتا وشمال مصر بينما يحتاج من 10 - 12 رية عند زراعته في الوجه القبلي بعمق من 7.5 - 10 سم والمدة بين كل ريتين من 14 - 18 يوم.

##### (3) الأرز: Rice

الأرز محصول صيفي يستهلك كميات كبيرة من المياه ويحتاج من 8 - 10 ريات بعمق من 10 - 15 سم وتكون المدة بين كل ريتين من 8 - 10 أيام.

Maize: الذرة (4)

الذرة محصول صيفي يحتاج من 3 - 4 ريات بعمق 7.5 سم لكل رية والمدة بين كل ريتين من 14 - 16 يوم.

Sugar cane: قصب السكر (5)

يعتبر محصول صيفي يحتاج من 20 - 30 رية بعمق من 5 - 6 سم لكل رية.

2- الدورة الزراعية "دورة المحاصيل"The full round "rotation of crops"

الدورة الزراعية هي عملية تبادل زراعة المحاصيل المختلفة على نفس الرقعة الزراعية وذلك للمحافظة على خصوبة التربة.

- الدورة ثنائية "2-turn crop rotation": إذا زرع نفس المحصول مرة واحدة كل سنتين.

- الدورة ثلاثية "3- turn crop rotation": إذا زرع نفس المحصول مرة واحدة كل ثلاث سنوات.

3- دورات الري "مناوبات الري" Irrigation rotations

عبارة عن نظام لتوزيع مياه الري أو تبادل الري بين المناطق المختلفة حيث أن النبات لا يحتاج لماء الري بصورة دائمة.

أهداف مناوبات الري

- 1- عدم حاجة المحاصيل إلى الري المستمر.
- 2- حتى يمكن توصيل مياه الري إلى جميع الأراضي الزراعية حيث إن مياه نهر النيل لا تكفي لتدفق المياه في جميع الترع وقنوات التوزيع في وقت واحد.

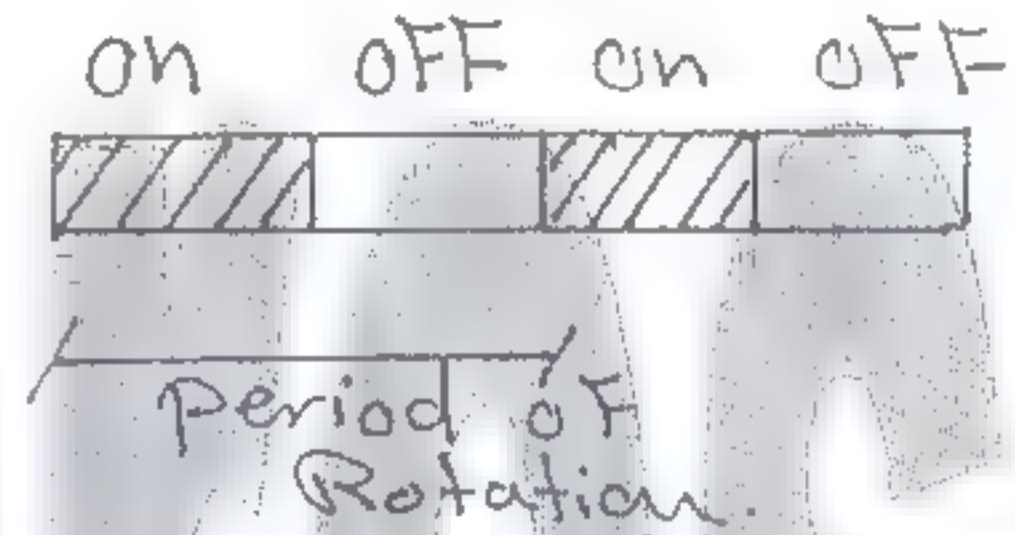
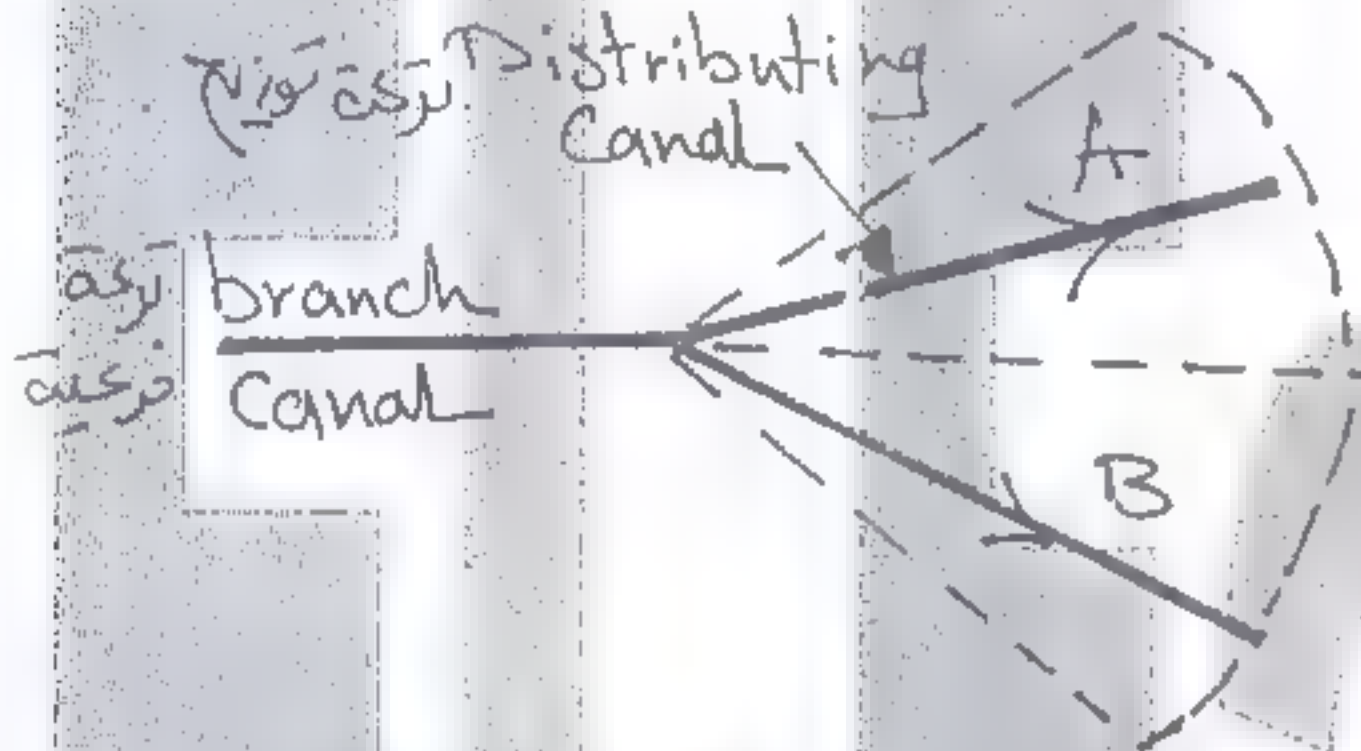


- 3- التقليل من كميات المياه التي تفقد بالرشح والبخر من قنوات التوزيع وكذلك تخفيض منسوب المياه الجوفية في الأراضي المجاورة لتلك القنوات.
- 4- السماح للمياه بالوصول إلى نهايات الترع والقنوات.
- 5- أثناء دور البطالة يمكن تطهير الترع والقيام ببعض أعمال الصيانة بها.

### أنواع مناوبات الري Types of irrigation rotations

#### (1) المناوبة الثنائية: 2-turn rotation

تستخدم في مناطق زراعة الأرز أو الأراضي الرملية المزروعة بالقطن حيث تزداد الحاجة للماء.



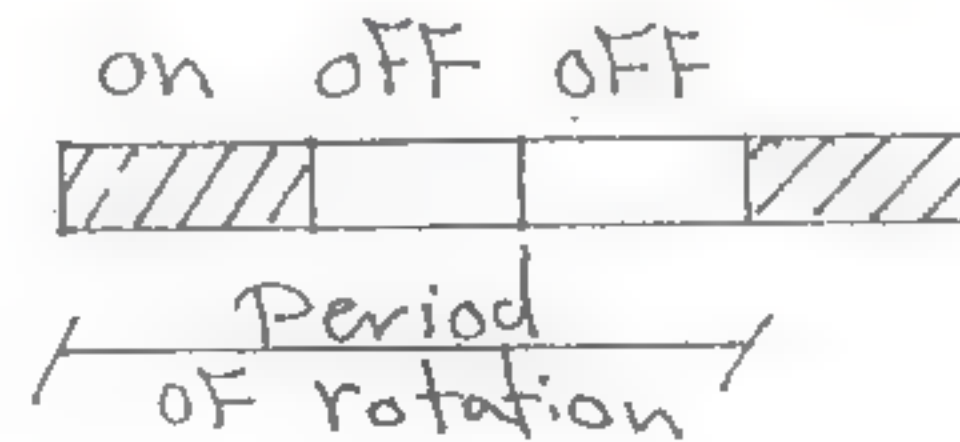
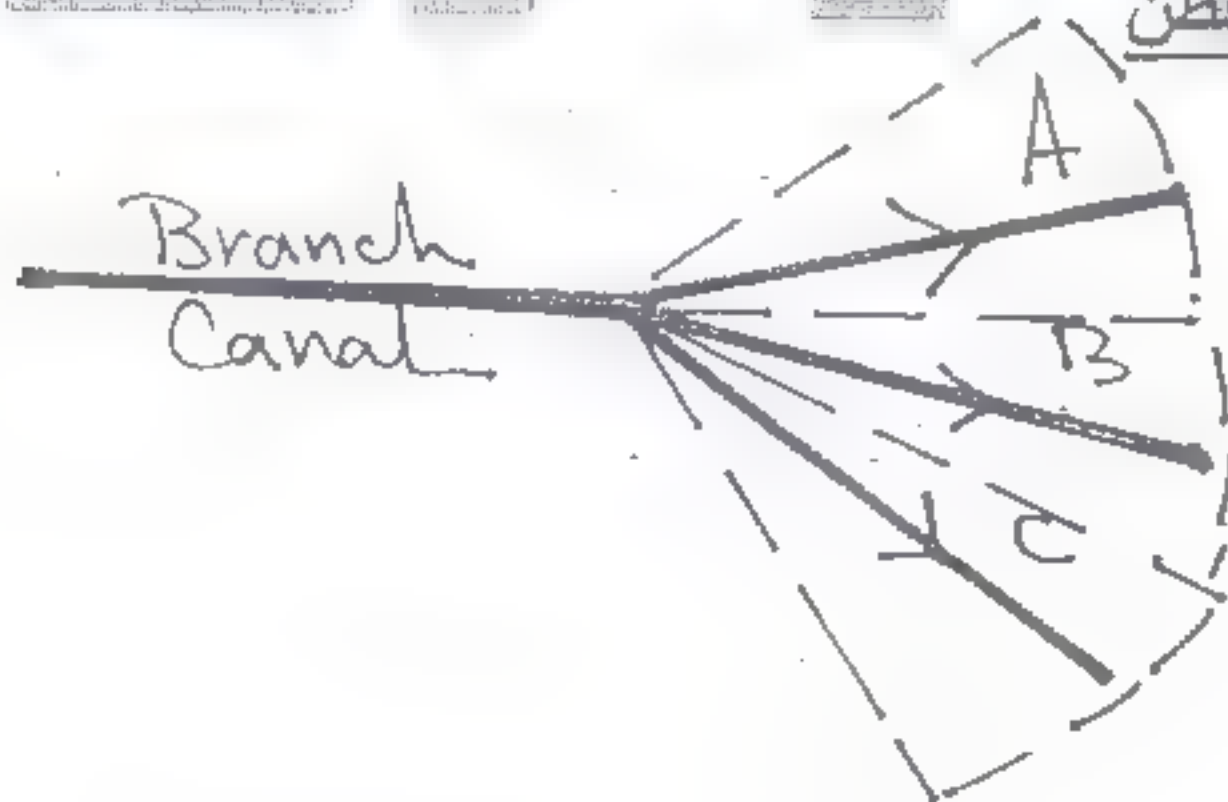
Working period = on-turn دور العمالة

Closing period = off-turn دور بطالة

عدد أيام المناوبة الثنائية = عدد أيام دور العمالة + عدد أيام دور البطالة.

#### (2) المناوبة الثلاثية: 3-turn rotation

تستخدم في مناطق زراعة القطن



عدد أيام المناوبة الثلاثية = عدد أيام دور العمالة + 2 (عدد أيام دور البطالة)

السدة الشتوية: winter closure

هي الفترة التي تُحبس فيها المياه عن الترع باستثناء المجاري المائية التي تمتد محطات مياه الشرب بالمياه ، وكذلك القنوات الملاحية "Navigation canals" وتكون من أواخر شهر ديسمبر كل عام ولمدة حوالي شهر ، وقد تم اختيار هذا التوقيت من كل عام حيث تنخفض درجة الحرارة وتتساقط الأمطار وبالتالي تقل الاحتياجات المائية للنبات.

أغراض السدة الشتوية: Purposes of winter closure

- 1- إجراء عمليات الصيانة والتطهير للترع والمصارف.
- 2- إنشاء بعض المنشآت المائية الجديدة "مثل الكباري والهدارات والقناطر....."
- و عمل صيانة للمنشآت القائمة.
- 3- تمكين الأراضي الزراعية من التخلص من بعض المياه الجوفية التي تشبعت بها طوال العام.

ريّة الشراقي "طفي الشراقي" Sharaki irrigation

هي عبارة عن ريّة للأراضي التي تركت خالية بعد حصاد المحصول الشتوي ثم جفت وتشققت حيث تحتاج تلك الأراضي إلى كمية كبيرة من المياه ثم يزرع محصول الذرة.

وتكون في المتوسط في الدلتا 760 م<sup>3</sup> / للفدان/ يوم

طول فترة الريّة = 28-36 يوم.

4- المقننات المائية للمحاصيل المختلفة:Water duties for different crops(أ) المقنن المائي النظري: Theoretical water duty

هو الحد الأدنى لكميات المياه التي تُعطى للفدان الواحد خلال يوم من أيام الري .



**(ب) المقتن المائي للحقل: Field water duty**

هي كمية المياه التي تُعطى فعلاً للفدان في اليوم الواحد من أيام العمالة ، ويعبر عنه بـ ( $m^3/feddan/day$ )

**(ج) المقتن المائي للترعة: Canal water duty**

عبارة عن مقتن الحقل مضافاً إليه كمية المياه التي تُفقد بالبخر والرشح أثناء تدفق المياه في الترعة متجهة إلى الحقل.

(حفظ)

Crop	المحصول	Field water duty $m^3/feddan/watering$ ريّة واحدة	Period الفترة بين الريّتين
Rice	ارز	420	8-10 day
Cotton	قطن	350	14-18 day
Maize	ذرة	350	14-16 day
Sharaki	ريّة الشراقي	760	28-36 day

ملاحظة:

هذه المقتنات المائية للدلتا والوجه البحري ويتم ضرب هذه القيم  $1.1 \times$  للحصول على القيم بالوجه القبلي والصعيد.

Calculation of water dutyحساب المقتن المائي1) Field water duty

$$F.W.D = \frac{\% \text{ of area used} \times \text{water requirment of crop}}{\text{No. of working days} \times \text{No. of division}}$$

$$F.W.D = \frac{\text{الإحتياج المائي للمحصول} \times \text{نسبة الأرض المزروعة}}{\text{عدد أقسام الأرض} \times \text{عدد أيام العمالة}}$$

Canal water dutyWater duty for distributing canal

$$(W.D)_{D.c} = 1.1 * \text{field water duty}$$

Discharge of distributing canal

$$(Q)_{D.c} = \frac{(W.D)_{D.c} * \text{Area served}}{24 * 60 * 60} \quad m^3/sec$$

Water duty for main canal

$$(W.D)_{M.c} = \frac{1.1 * (W.D)_{D.c}}{2} \quad \text{for 2-turn rotation}$$

$$= \frac{1.21 * \text{Field water duty}}{2}$$

$$= \frac{1.1 * (W.D)_{D.c}}{3} \quad \text{for 3-turn rotation}$$

$$= \frac{1.21 * \text{Field water duty}}{3}$$



Discharge of main canal

في حالة عدم تساوي المساحات التي تخدمها ترع التوزيع يتم تصميم قطاع التربة الرئيسية لكي يحمل تصرف ترعة التوزيع التي تخدم المساحة الأكبر.

$$Q_{M.c.} = 1.1 * (Q)_{D.c}$$

(Discharge of distributing canal of large turn)

أو يمكن حساب تصرف التربة الرئيسية كالآتي:

$$(Q)_{M.c} = \frac{(W.D)_{M.c} * \text{Design area served}}{24 * 60 * 60} \quad m^3/sec$$

Design area served

= Number of turns (2or3) \* area served in the large turn

في حالة اعطاء (land wash factor or leaching factor) مثلاً 20% يتم

ضرب F.W.D \* 1.2

"٨/٢"

(1) المناوبة الثنائية: 2-turn rotation

تستخدم في مناطق زراعة الأرز

Rice

(8)

Cotton

14-18

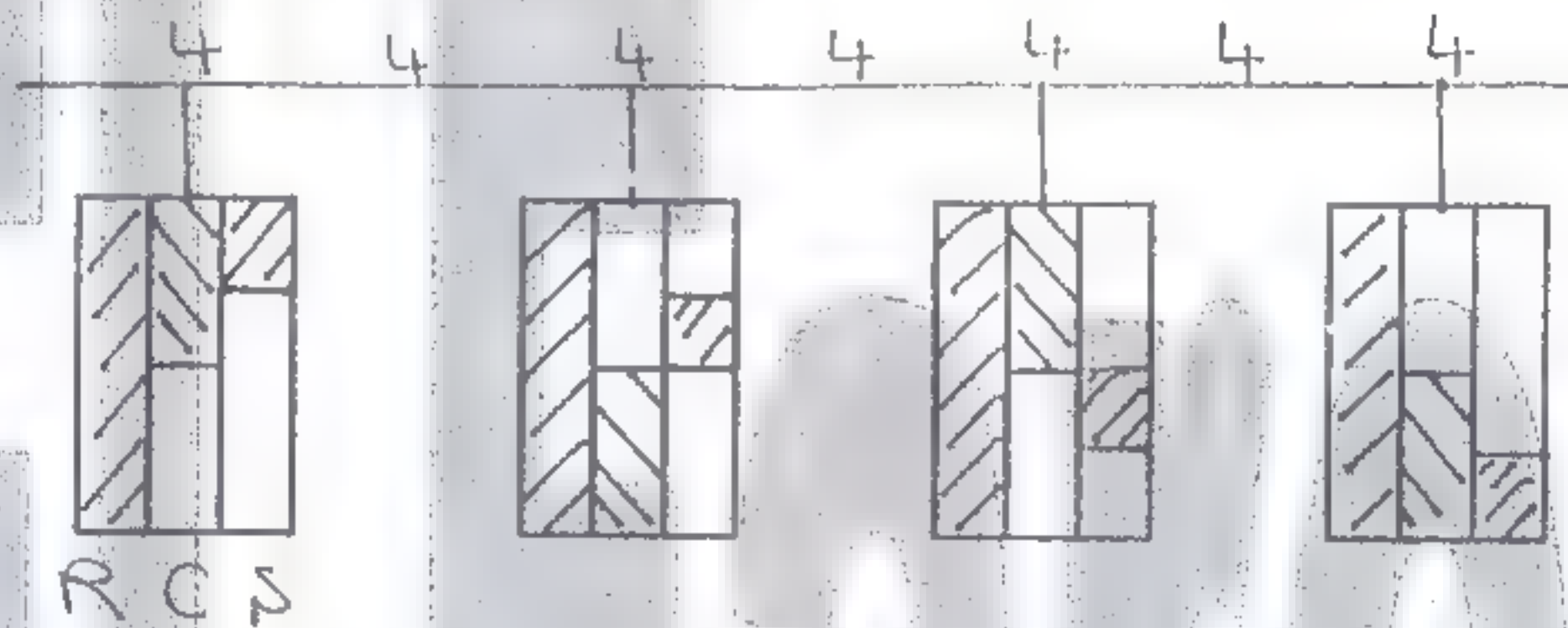
Sharaki

28-36

Type of rotation = 2-turn

No. of Working days =  $8/2 = 4$  day

No. of Closing days = 4 day

(2) المناوبة الثلاثية: 3-turn rotation

تستخدم في مناطق زراعة القطن

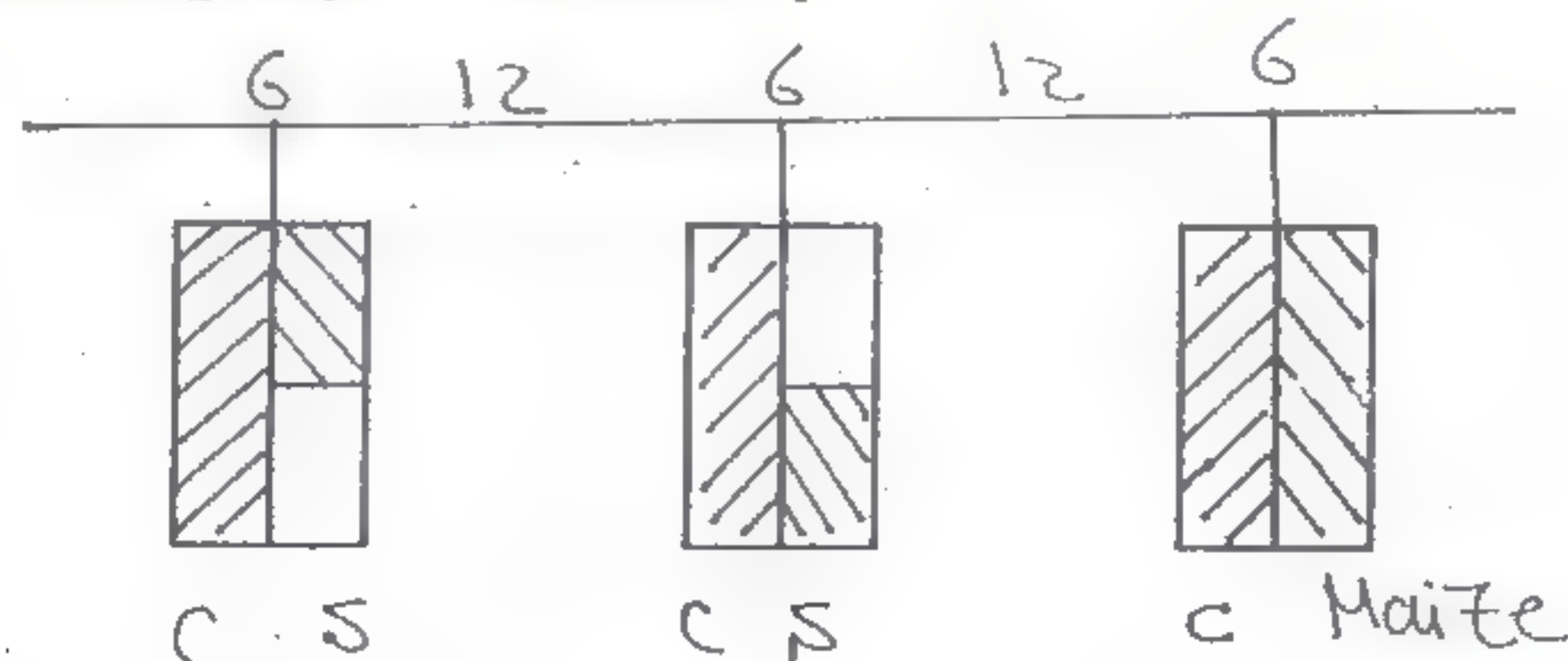
Cotton

14-18

Sharaki

28-36

Type of rotation = 3-turn

No. of Working days =  $18/3 = 6$  dayNo. of Closing days =  $2 \times 6 = 12$  day



Examples

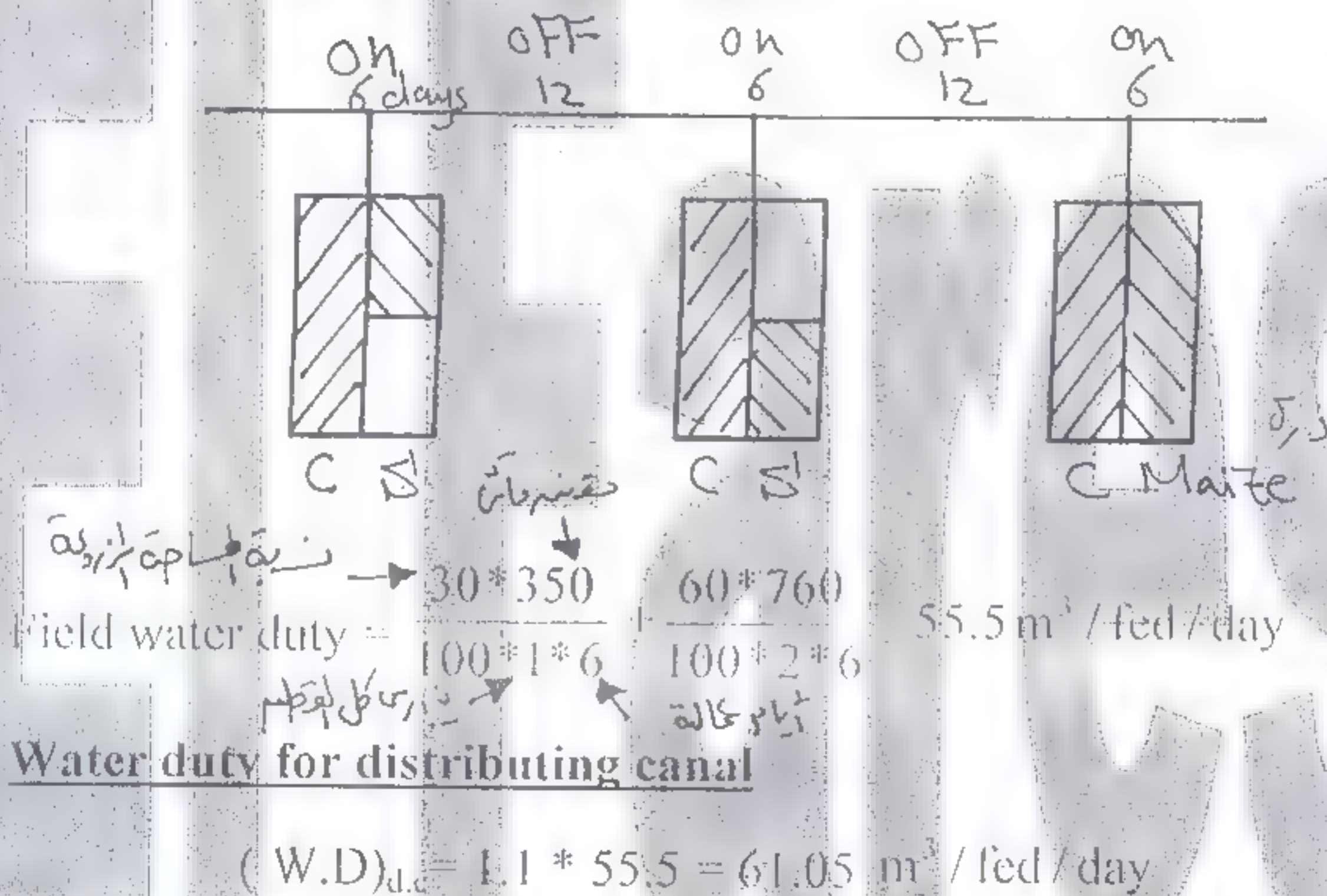
1- Calculate the irrigation field duty, distributing canal and main canal water duties if the crop cycle is:

A) 30 % cotton and 60 % sharaki.

B) 20 % cotton, 40 % rice and 30 % sharaki.

Solution

A) 30% cotton and 60 % sharaki :



For 3- turn rotation:

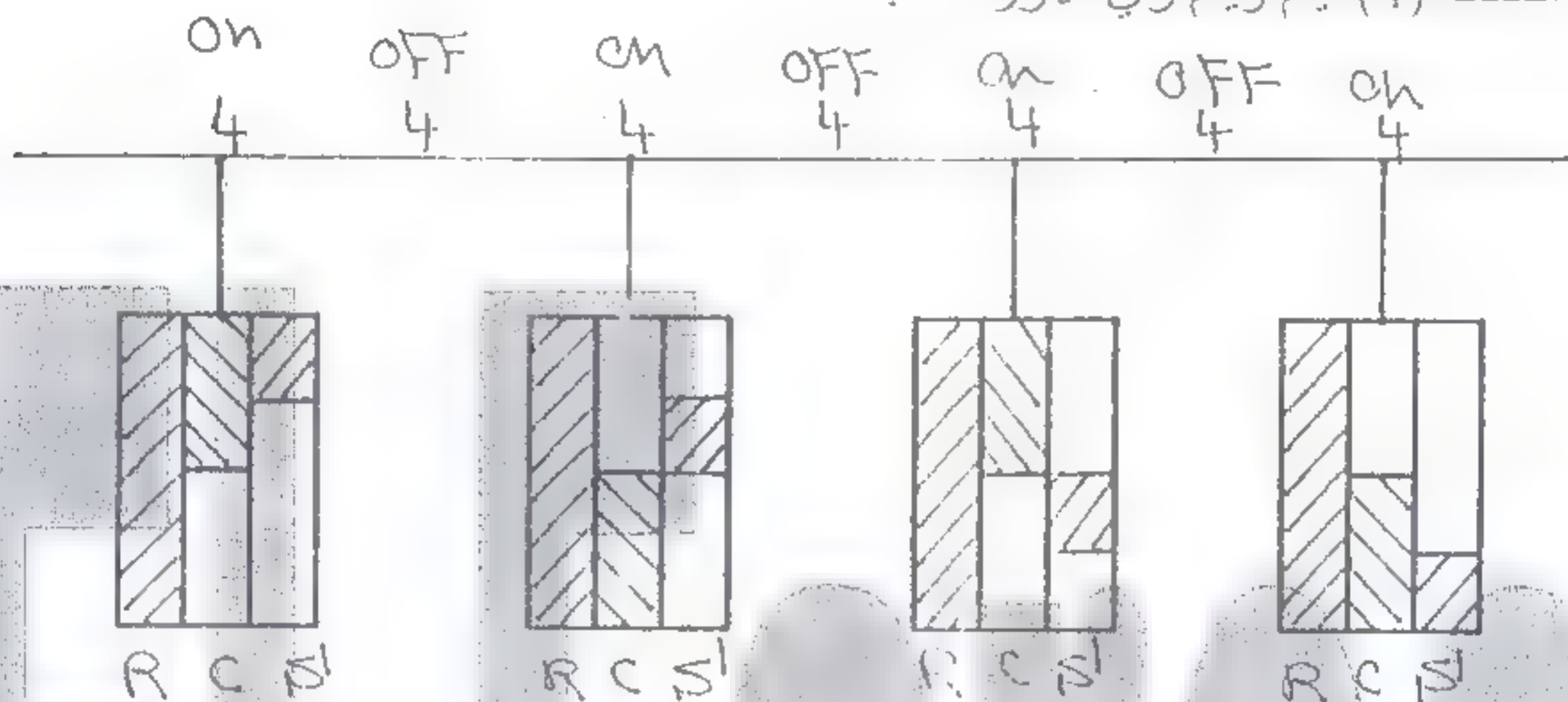
Water duty for main canal

$$(W.D.)_{m.c.} = \frac{1.21 \times \text{Field water duty}}{3}$$

$$= \frac{1.21 \times 55.5}{3} = 22.385 \text{ m}^3 / \text{fed} / \text{day}$$

**B) 20 % cotton , 40 % rice and 30 % sharaki:**

في حالة الأراضي المزروعة أرز نستخدم (2- turn rotation) ، وتكون عدد أيام العمالة (4) أيام ويتم ري الأرز كله .



$$\text{Field water duty} = \frac{40 \times 420}{100 \times 1 \times 4} + \frac{20 \times 350}{100 \times 2 \times 4} + \frac{30 \times 760}{100 \times 4 \times 4}$$

$$\therefore \text{Field water duty} = 65 \text{ m}^3 / \text{fed} / \text{day}$$

Water duty for distributing canal

$$(W.D.)_{d.c} = 1.1 \times 65 = 71.5 \text{ m}^3 / \text{fed} / \text{day}$$

For 2- turn rotation :Water duty for main canal

$$(W.D.)_{m.c} = \frac{1.21 \times \text{field water duty}}{2}$$

$$\therefore (W.D.)_{m.c} = \frac{1.21 \times 65}{2} = 39.325 \text{ m}^3 / \text{fed} / \text{day}$$



2- A main canal distributes its water for a three distributing canals of equal area served (2000) feddan each. The crop pattern of the whole area is as follows : 40 % cotton , 50 % sharaki and 10% public benefits  $\text{منافع عامة}$  it is required to calculate the water duty and the discharge of each of distributing and the main canal if the working period ( on-turn ) = 6 days .

**Solution**

$\text{Field water duty} = \frac{40 * 350}{100 * 1 * 6} + \frac{50 * 760}{100 * 2 * 6} = 55 \text{ m}^3 / \text{fed} / \text{day}$

Water duty for distributing canal

$$\begin{aligned}
 (W.D)_{d.c} &= 1.1 * \text{field water duty} \\
 &= 1.1 * 55 = 60.5 \text{ m}^3 / \text{fed} / \text{day}
 \end{aligned}$$

Discharge of distributing canal

$$(Q)_{d.c} = \frac{(W.D.)_{d.c} * \text{area served}}{24 * 60 * 60} = \frac{60.5 * 2000}{24 * 60 * 60} = 1.4 \text{ m}^3 / \text{sec}$$

For 3-turn rotation:

Water duty for main canal

$$(W.D)_{m.c} = \frac{1.21 * \text{field water duty}}{3}$$
$$= \frac{1.21 * 55}{3} = 22.18 \text{ m}^3/\text{fed} / \text{day}$$

Discharge of main canal

$$(Q)_{m.c} = \frac{22.18 * 6000}{24 * 60 * 60} = 1.54 \text{ m}^3/\text{sec}$$

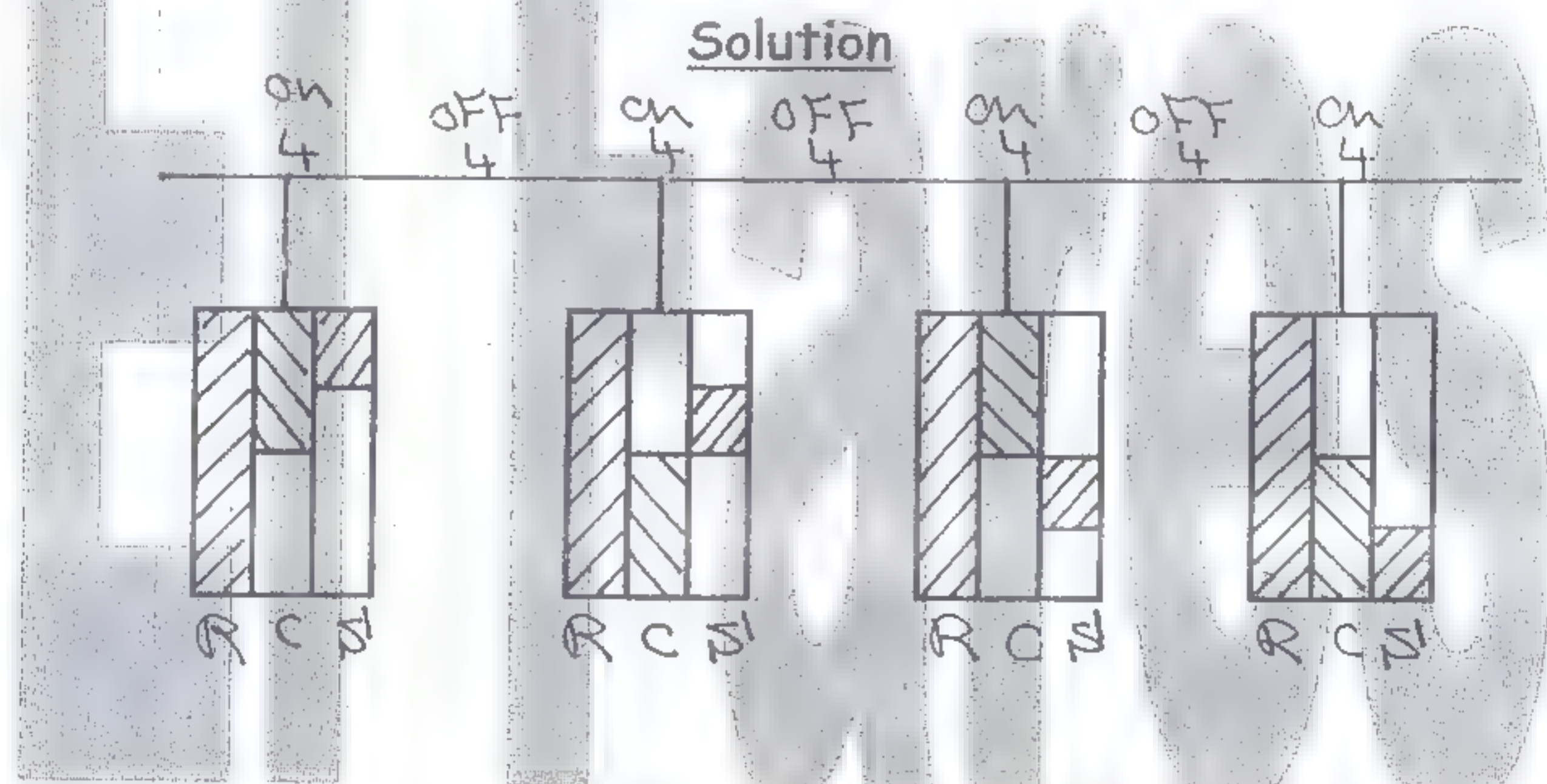
or :

$$(Q)_{m.c} = 1.1 (Q)_{d.c} = 1.21 * 1.4 = 1.54 \text{ m}^3/\text{sec}$$



3- A rice zone of area served (10000) feddans is irrigated from a main canal in 2-turns "A" and "B". If the area served of the turn "A" is "40%" of the total area served and the crop pattern for the whole area in the period of summer rotations is as follows: 20 % cotton, 40% rice and 30% sharaki prepared for cultivating maize.

It is required to calculate the water duty and the discharge of each of the two distributing canals, and also for the main canal if the working period = 4 days.



$$\text{Field water duty} = \frac{40 \times 420}{100 \times 1 \times 4} + \frac{20 \times 350}{100 \times 2 \times 4} + \frac{30 \times 760}{100 \times 4 \times 4}$$

$$\therefore \text{Field water duty} = 65 \text{ m}^3 / \text{fed} / \text{day}$$

Water duty for distributing canal

$$(W.D)_{d.c} = 1.1 \times 65 = 71.5 \text{ m}^3 / \text{fed} / \text{day}$$

Discharge of distributing canal

$$(Q)_{d.c.} = \frac{(W.D.)_{d.c.} * (Area\ served)_{d.c.}}{24 * 60 * 60}$$

$$\text{Area served of distributing canal (A)} = \frac{40}{100} * 10000 = 4000 \text{ F}$$

$$\text{Area served of distributing canal (B)} = 10000 - 4000 = 6000 \text{ F}$$

∴ Discharge of distributing canal (A)

$$(Q)_A = \frac{71.5 * 4000}{24 * 60 * 60} = 3.31 \text{ m}^3 / \text{sec}$$

∴ Discharge of distributing canal (B)

$$(Q)_B = \frac{71.5 * 6000}{24 * 60 * 60} = 4.97 \text{ m}^3 / \text{sec}$$

For 2-turn rotation:

Water duty for main canal

$$\therefore (W.D.)_{m.c.} = \frac{1.21 * \text{field water duty}}{2} = \frac{1.21 * 65}{2} = 39.325 \text{ m}^3 / \text{F} / \text{day}$$

Discharge of main canal

$$(Q)_{m.c.} = \frac{(W.D.)_{m.c.} * \text{designed area served}}{24 * 60 * 60}$$

Designed area served = Number of turns (2 or 3) \* area served

Large turn

$$= 2 * 6000 = 12000 \text{ feddans}$$

$$\therefore (Q)_{m.c.} = \frac{39.325 * 12000}{24 * 60 * 60} = 5.46 \text{ m}^3 / \text{sec}$$

$$\text{or } (Q)_{m.c.} = 1.1 * (Q)_B = 1.1 * 4.97 = 5.46 \text{ m}^3 / \text{sec}$$



# Irrigation & Drainage Engineering

2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 7

ري

**Chapter (5)**  
**Canalization of an Irrigation project**  
تخطيط وتصميم شبكة الري والصرف

**Factors affecting the planning of an irrigation project**

العوامل التي تؤخذ في الاعتبار عند تخطيط مشروع الري والصرف

- 1- تجمع البيانات اللازمة عن المنطقة من حيث: "طبوغرافية الأرض- تركيب التربة - المياه الجوفية - درجات الحرارة والرطوبة".
- 2- تحديد مصادر المياه الدائمة بالمنطقة "Permanent water supply" مثل الأنهار .
- 3- حساب الاحتياجات المائية للمحاصيل التي سوف تُزرع في المنطقة.
- 4- مقدار حاجة الأرض إلى الصرف وتحديد أماكن المصارف الحالية والمستقبلية.
- 5- تحديد المواقع التي تحتاج إلى منشآت الري "مثل الكباري والبدايات والسحارات "
- 6- تقدير تكلفة إنشاء خزانات للمياه وتوليد الطاقة.
- 7- عمل تقييم دقيق لمشروع الري.



Classification of Canals أنواع الترعى1- According to soil type حسب نوع التربةa-Alluvial canal

هي الترعى التي يتم حفرها داخل تربة مفككة ويمكن أن يحدث لها نحر.

b- Non alluvial canal

هي الترعى التي يتم حفرها داخل تربة قوية لا يحدث لها نحر.

2- According to source of supply حسب مصدر التغذيةa-Permanent canal قنوات دائمة

هي القنوات التي تحمل المياه بصورة دائمة خلف السدود أو القناطر الكبرى .

b- Inundation canal قنوات فيضية

هي القنوات التي تحصل على مياهها خلال فترة الفيضان.

3- According to function حسب الوظيفةa-Feeder canal قنوات التغذية

هي القنوات التي تحمل الماء من مصادره وتغذي به القنوات الأخرى

b- Conveyance canal قنوات النقل

هي القنوات التي تحمل الماء من قنوات التغذية وتنقله لقنوات التوزيع (ويمكن الري المباشر منها).

c- Distribution canal قنوات التوزيع

وهي القنوات التي تستخدم في ري الأراضي المختلفة.

d- Hydroelectric canal

وهي القنوات التي تستخدم في نقل المياه لمحطات توليد الكهرباء ويمكن الري منها

e- Navigation canal قنوات ملاحية

وهي القنوات التي تستخدم في حركة الوحدات الملاحية ويمكن الري منها.

f- Multi-purpose canal

وهي القنوات التي تستخدم في أكثر من غرض.

4- According to area served حسب المساحة المخدومة1- الرياحات: Diversion canals

وهي أكبر أنواع الترع وتكون أطوالها (50 km) أو أكثر والمساحة الزراعية التي يخدمها الرياح قد تزيد عن 200 ألف فدان.

2- الترع الرئيسية: Main canals

تتراوح أطوال التربة الرئيسية من (15 km) إلى (50 km) وتخدم مساحة من 20 ألف فدان حتى 200 ألف فدان.

3- الترع الفرعية: Branch canals

وهي تأخذ مياهها من الترع الرئيسية وتتراوح أطوالها من 10 km إلى 15 km وتخدم مساحة من 10 آلاف فدان حتى 20 ألف فدان.



#### 4- ترع التوزيع: Distributing canals

وهي أصغر أنواع الترع التي تقوم الحكومة بشقها وصيانتها وتكون أطوالها من 2 km إلى 10 km وتخدم مساحة من 1000 فدان حتى 10 آلاف فدان.

#### 5- المساقى الخشوصية: Field canals

وهي أصغر قنوات الري ، وتعتبر من الأملاك الخاصة حيث يقوم أصحاب الأراضي بشقها وصيانتها على حسابهم.

### أنواع المصارف Classification of Drains

#### 1- مصرف عمومي : District drain

وهو أكبر أنواع المصارف حيث يخدم نفس المساحة التي يخدمها الرياح ، ويصب مصرف المنطقة مياهه في البحر أو المنخفضات الطبيعية.

#### 2- المصرف الرئيسي: Main drain

وهو يخدم نفس المساحة التي تخدمها الترعة الرئيسية ويصب في مصرف المنطقة.

#### 3- المصرف الفرعي: Branch drain

وهو يخدم نفس المساحة التي تخدمها الترعة الفرعية ويصب في المصرف الرئيسي.

#### 4- الحقلية: Small branch drains "ditches"

وهي تقوم بتجميع المياه الزائدة من الأرض الزراعية ثم تلقي بها في المصارف الفرعية.

حساب المساحات التي تخدمها الترع والمصارفCalculation of area served

عند تصميم أي قطاع مائي لترعة أو مصرف يستلزم الأمر تحديد أقصى تصرف "Q" مطلوب تمريره من خلال ذلك القطاع .

في حالة الترع تتناقص المساحة المخدمة (Area served) تدريجياً من قطاع لآخر في اتجاه جريان المياه.

1- Area served of canals where direct irrigation is permittedحساب المساحة المخدمة من الترع المسموح بالري المباشر منها

Area served of section = area served (D.S) section + F \* area served (U.S) section

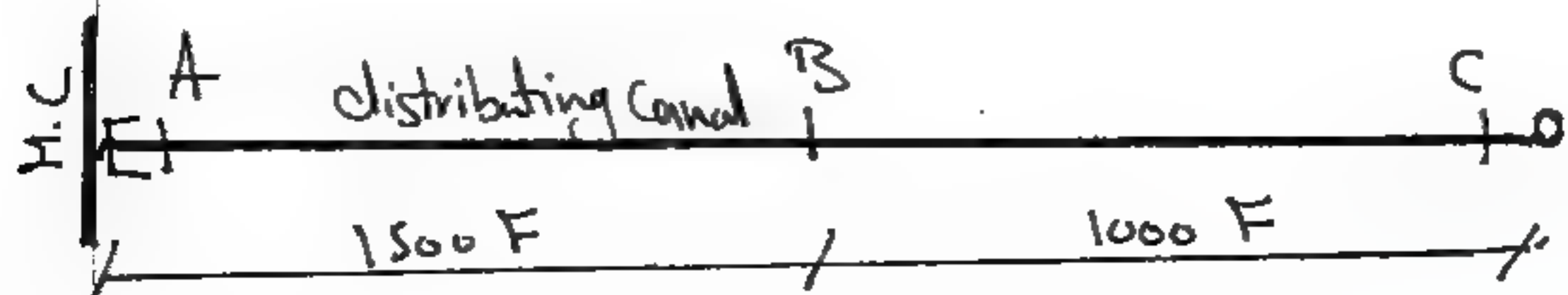
المساحة المخدمة من القطاع = المساحة المخدمة خلف القطاع + (F) \*  
المساحة المخدمة أمام القطاع

F = escaping factor = 25% → 40 %

حيث (F) تسمى معامل الفائض وتضاف هذه النسبة عند تصميم القطاع لاستيعاب المياه الفائضة التي لم تستخدم بالكامل عند ري الأراضي الواقعة أمام القطاع.

For the given distributing canal, calculate area served of sec.

(A), (B) and (C)





Area served of sec.(A) = area served(D.S)sec.(A) + 40% area served(U.S)sec.(A)

$$= 2500 + 0.4 * (0) = 2500 \text{ fed.}$$

Area served of sec.(B) = area served(D.S)sec.(B) + 40% area served(U.S)sec.(B)

$$= 1000 + 0.4 * 1500 = 1600 \text{ fed.}$$

Area served of sec.(C) = area served(D.S)sec.(C) + 40% area served(U.S)sec.(C)

$$= (0) + 0.4 * 2500 = 1000 \text{ fed.}$$

## 2- Area served of canals which distribute their water in

### (branches + direct irrigation)

حساب المساحة المخدومة من الترعرع التي توزع مياهها في فروع  
بالإضافة للري المباشر منها

Area served of section = area served (D.S) sec. "direct +branches" + (F) \* area served (U.S) sec. "direct irrigation only"

المساحة المخدومة من القطاع = المساحة المخدومة خلف القطاع "ري مباشر + فروع" + (F) \* المساحة المخدومة أمام القطاع "ري مباشر فقط"

ترعة فرعية يخرج منها أربع ترعرع أخرى كالآتي:

"A" (Branch canal A) تخدم المساحة

"B" (Branch canal B) تخدم المساحة

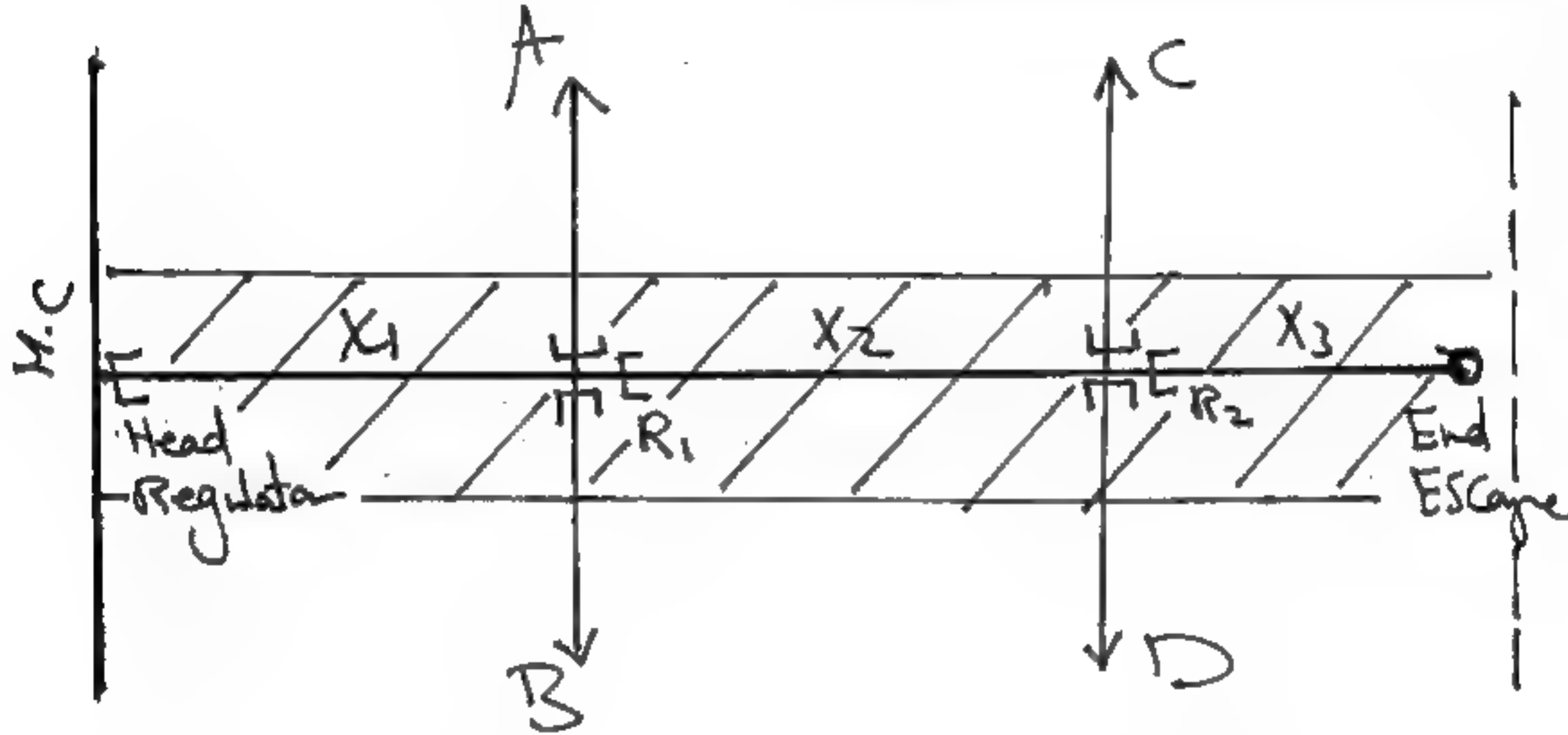
"C" (Branch canal C) تخدم المساحة

"D" (Branch canal D) تخدم المساحة

كما أن المساحات ( $X_1, X_2, X_3$ ) تروى رياً مباشراً من الترع الفرعية

Assume  $F = 40\%$

والمطلوب حساب المساحة المخدومة خلف "Head regulator" وأمام وخلف  $R_1$  وأمام مصب النهاية "End escape".



$$\text{As (D.S) head regulator} = [A+B+C+D] + [X_1+X_2+X_3]$$

$$\text{As (U.S) } R_1 = [A+B+C+D] + [X_2+X_3] + 0.4(X_1)$$

$$\text{As (D.S) } R_1 = [C+D] + [X_2+X_3] + 0.4(X_1)$$

$$\text{As (U.S) End escape} = 0.4(X_1+X_2+X_3)$$

### 3- Area served of diverting canals which distribute water in turns:

حساب المساحة المخدومة من الترع الناقلة التي توزع مياهها على مناوبات

في حالة الترع الناقلة والتي تقوم بتوزيع المياه على ترع التوزيع في أدوار فإنه لا يُستَـمَح بالري المباشر منها إلا في الجزء الأخير .



"Compansation factor" يؤخذ في الحسابات معامل يسمى معامل التعويض  
حيث يُعطى تعويض للدور السابق وذلك لتعويض المزارعين الذين لم  
يتمكنوا من ري أراضيهم في دور المناوبة الخاص بهم.

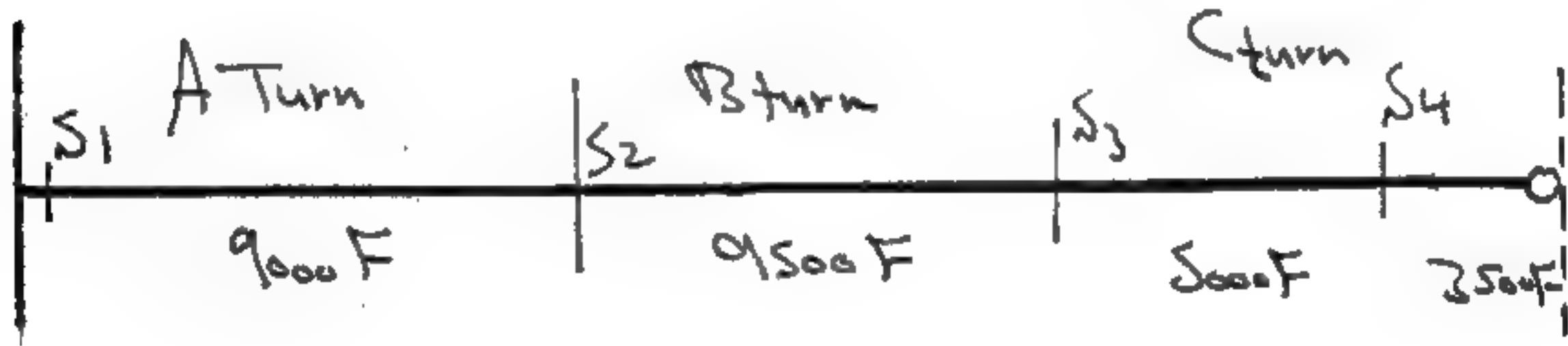
ترعة ناقلية توزع مياهها على ثلاث مناوبات :



(A) تخدم 9000 فدان

(B) تخدم 9500 فدان

(C) تخدم 8500 فدان منهم 3500 فدان مسموح لهم بالري المباشر  
من التربة الناقلية.



compensation factor = 50% from previous turn of rotation

Seq.	Area served			Area served + compansation			Design area served المنطقة المرسية
	$A_{turn}$	$B_{turn}$	$C_{turn}$	$A + 0.5C$	$B + 0.5A$	$C + 0.5B$	
$S_1$	9000	9500	8500	13250	14000	13250	14000
$S_2$	—	9500	8500	4250	9500	13250	13250
$S_3$	—	—	8500	4250	—	8500	8500
$S_4$	—	—	3500	1750	—	3500	3500

23

# Irrigation & Drainage Engineering

2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 8

ري



Zagazig University  
Faculty of Engineering  
Water and water Structures Eng. Dept.  
2<sup>nd</sup> Year Civil Engineering

**Irrigation application exercise (mini project) 2009**

**Description of the project area:**      1: 100,000

- 1) The given contour map of scale 1: 50,000 shows the area of the project located at latitude 30° N. The area of the project is irrigated in a three turn rotation from the source canal with network system of main and branch canals. Lift irrigation is used in the limit of 50 cm.
- 2) The soil characteristic is of fine texture. It is mainly clay.
- 3) The project area is provided with a network of open drains.
- 4) The crop pattern of the area is 50% Cotton, 45% Sharaki prepared for cultivating Maize, and 5% public benefits.
- 5) Metrological data:
  - The average percent of humidity is 60%.
  - The mean monthly temperatures (in centigrade) around the year are in the following table.

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temp.	16	17	20	23	27	30	30	32	30	26	19	18

- 6) The field water duty is obtained from the first principles in m<sup>3</sup>/feddan/day using two different methods. The escaping factor is 40% and the rate of compensation is 40% of preceding turn. The drainage factor is 40%.

**Requirements:**

1. System layout of canals and drains.
2. Synoptic diagram of both canals and drains.
3. Field, branch, and main canals and drains water duties.
4. Discharge of branch, and main canals and drains.
5. Design of branch, and main canals and drains cross sections.
6. Typical cross sections of branch, and main canals and drains at different changes when necessary.
7. Longitudinal profiles of main canal and main drain.
8. Complete drawings of an irrigation structure in your projects.

**Note:**

- Detailed design and neat drawings are required.
- Max. number of students per one group is 5.

With Best Wishes.





## Location of canals & Drains تحديد مواقع الترع والمصارف

### (Layout)



للتعبير عن المصارف

للتعبير عن التربة

- تمر قنوات الري في الأماكن المرتفعة بينما تمر المصارف في الأماكن المنخفضة.

- يفضل أن تكون بداية التربة في الناحية المرتفعة ونهايتها في الناحية المنخفضة وذلك لتقليل كميات الحفر.

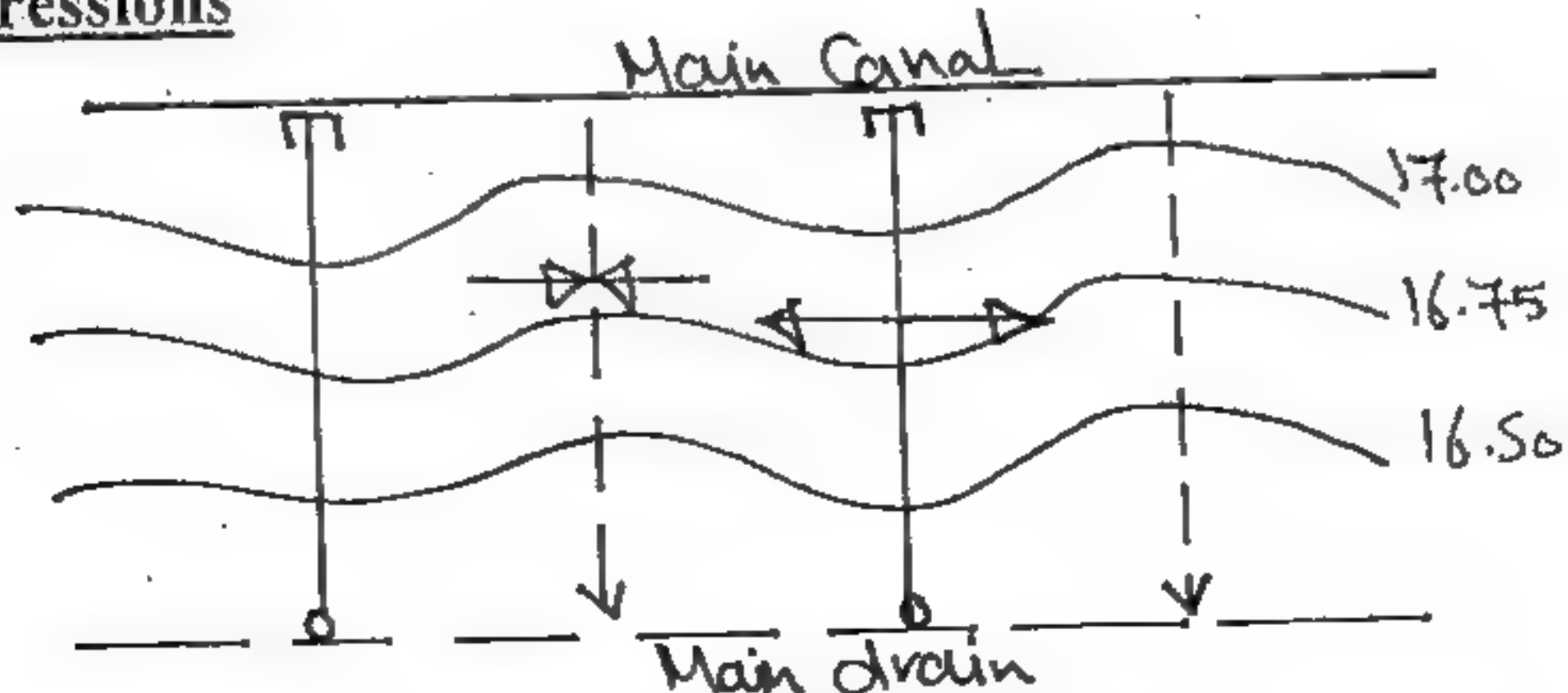
- عند تفرع تربة فرعية من تربة رئيسية يكون التقاطع في زاوية قائمة أو منفردة.



- نظراً لتعدد أشكال طبوغرافية الأرض وتغير درجة انحدارها في المنطقة الواحدة يجب دراسة طبوغرافية المنطقة جيداً واختيار التخطيط المناسب.

### 1- تخطيط الأراضي المتماوجة والتي تحتوي على مرتفعات ومنخفضات:

### Alignment of wavy lands which contains high lands and depressions



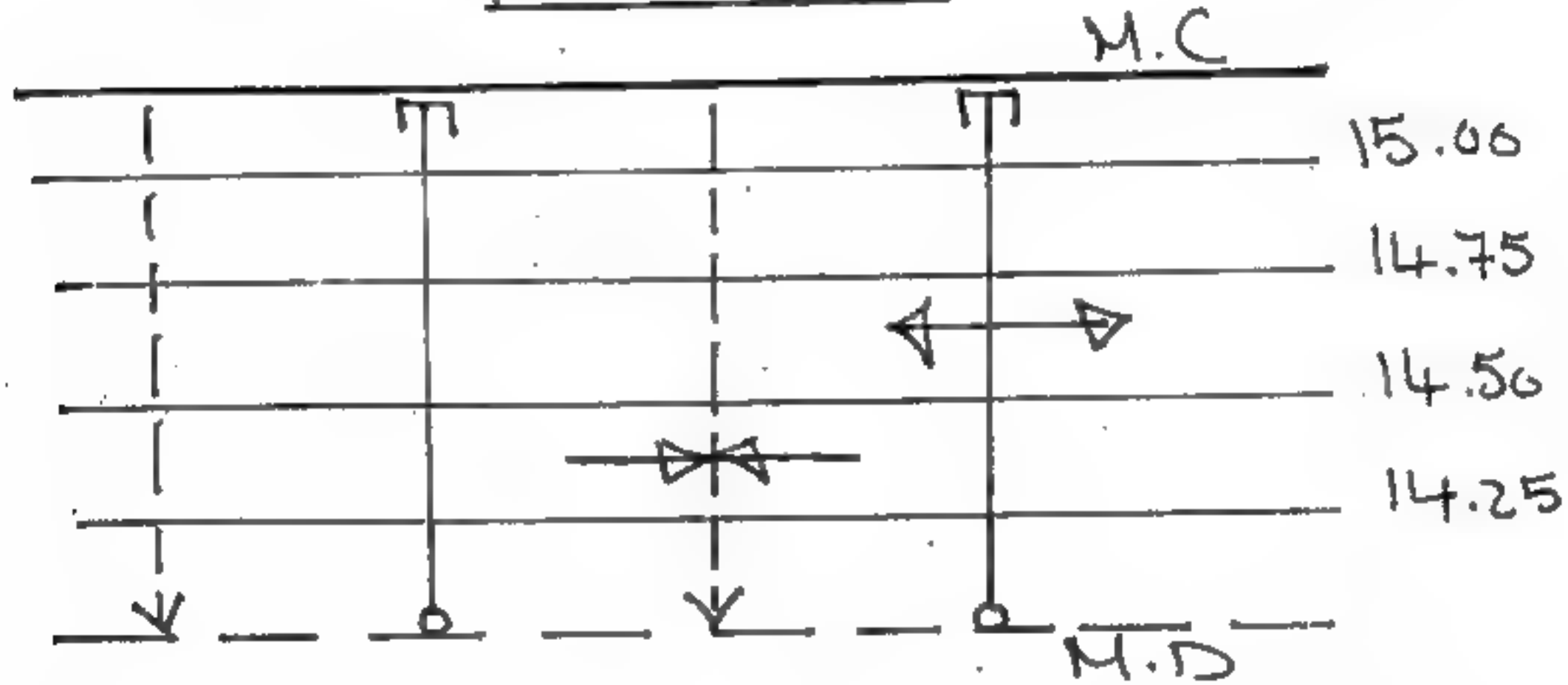
يلاحظ في هذا التخطيط أن الترع والمصارف تخدم على الاتجاهين.

2- تخطيط الأراضي المنحدرة في اتجاه واحد:

Alignment of inclined land which its inclination is one direction

(أ) الأراضي ذات الانحدارات الخفيفة: Light slope

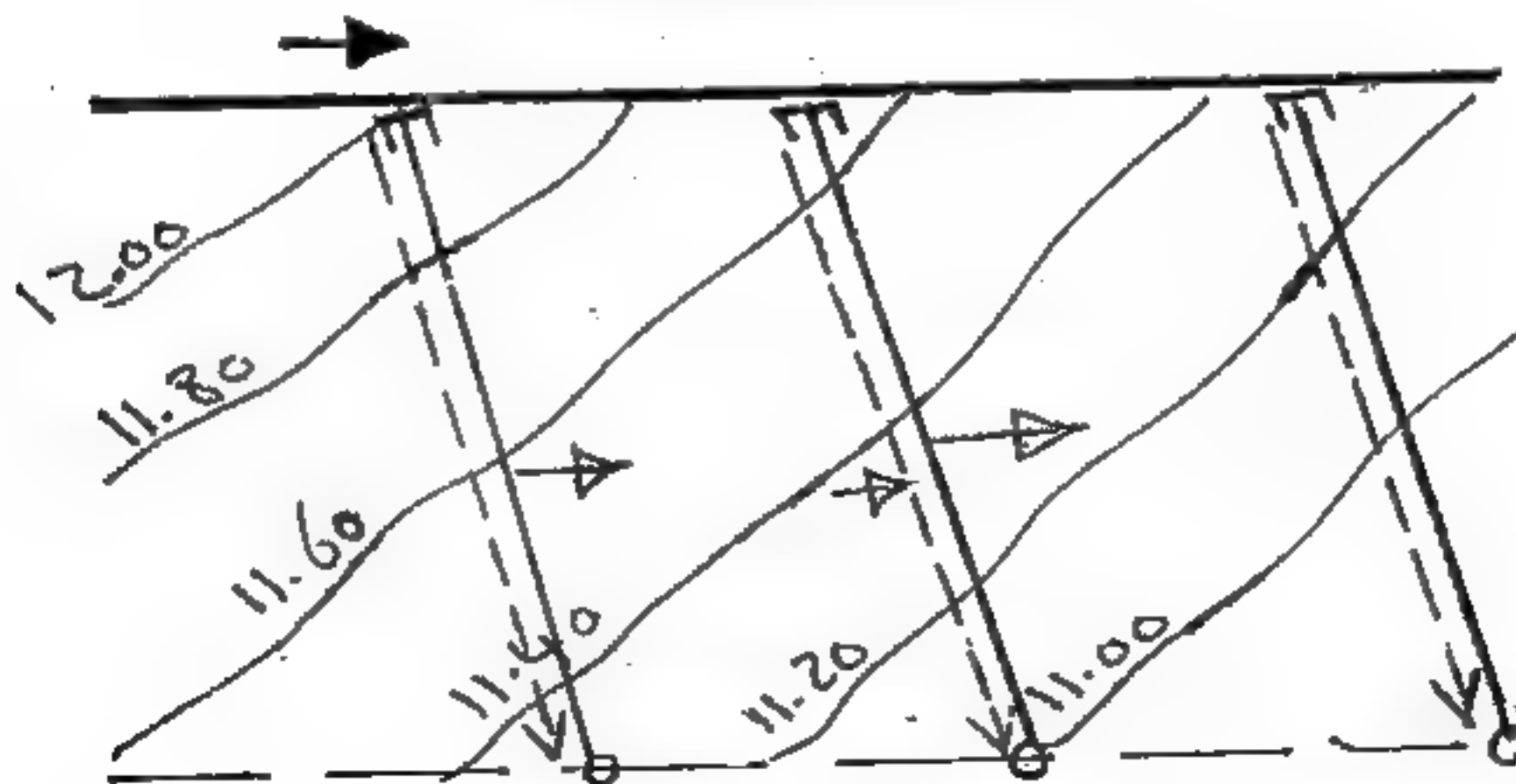
(أقل من 5cm/km)



توضع بها ترع التوزيع والمصارف الفرعية في الاتجاه العمودي على خطوط الكنتور ، وتكون الخدمة على الاتجاهين.

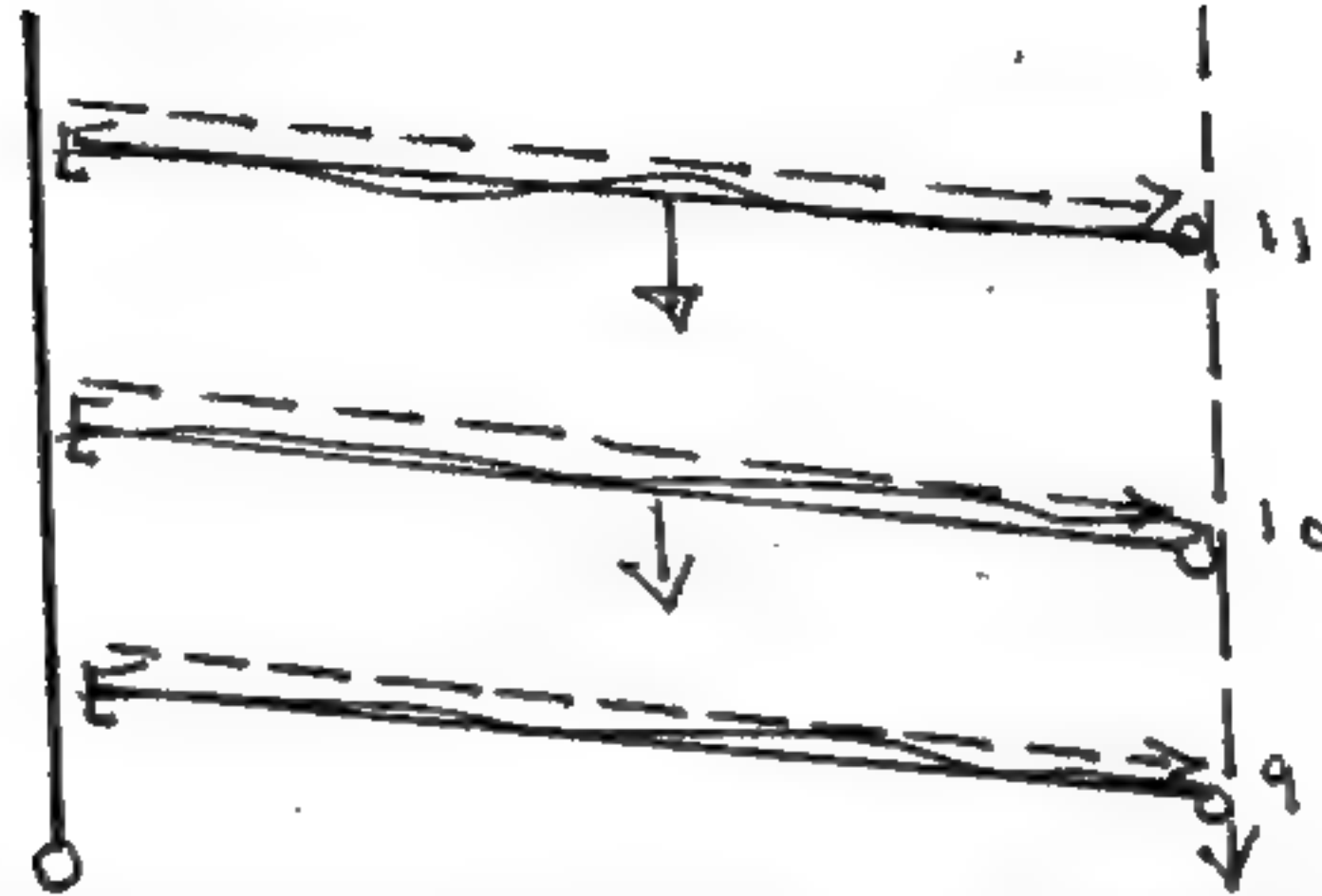
(ب) الأراضي ذات الانحدارات المتوسطة: Medium slope

(من 5→20cm/km)



توضع بها ترع التوزيع والمصارف الفرعية مائلة على خطوط الكنتور ، وتكون الخدمة على اتجاه واحد.



(ج) الأراضي ذات الانحدارات الكبيرة: Steep slope(أكبر من 20cm/km)

توضع بها ترع التوزيع والمصارف الفرعية موازية لخطوط الكنتور ، وتكون الخدمة على اتجاه واحد.

- تم رسم لوحة المشروع بمقياس رسم 1:100000

( كل 1cm علي الخريطة يكافئ 1km علي الطبيعة)

$$\text{Area of project} = \frac{(17 \times 13) \times 1000^2}{4200} = 52619 \text{ f}$$

### Calculation of water duty

#### 1 - Rotation method

#### 3-turn rotation المناوبة ثلاثية

Cotton

14-18

Sharaki

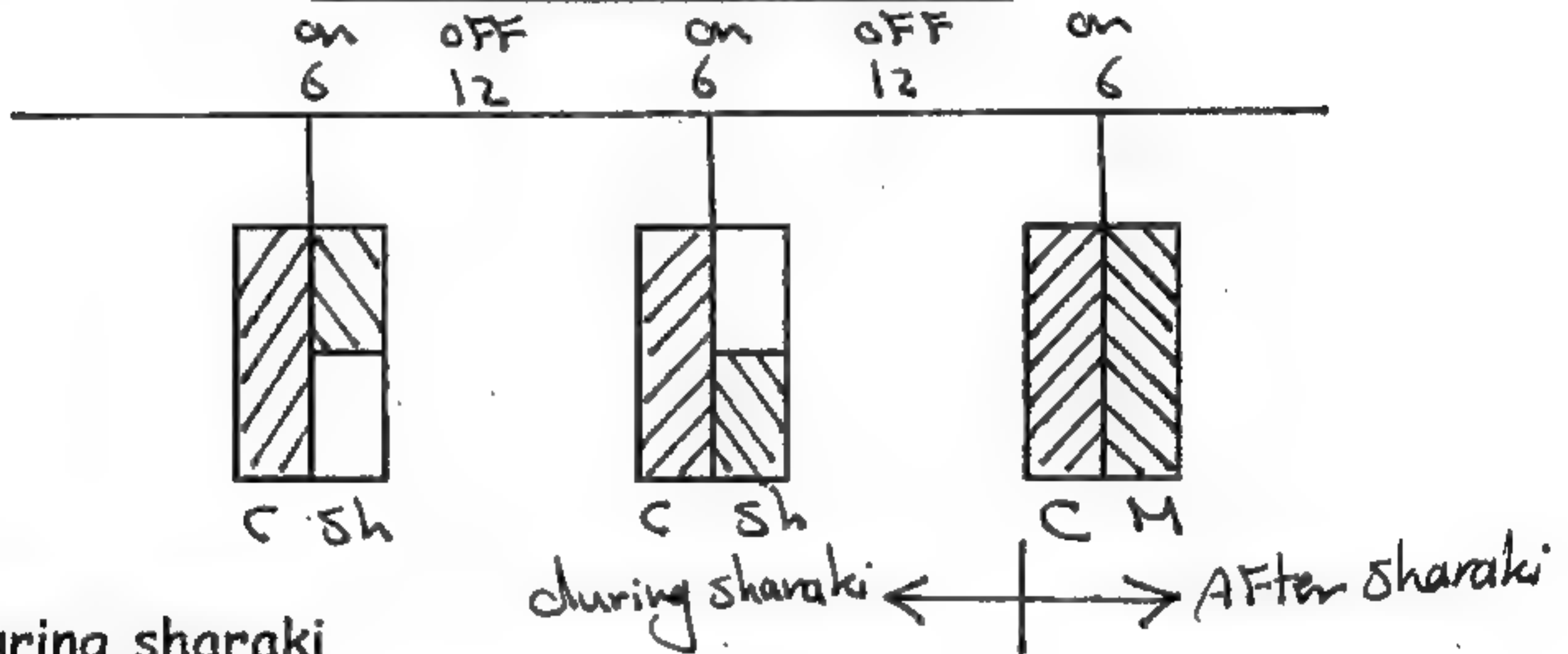
28-36

Type of rotation = 3-turn

No. of Working days =  $18/3 = 6$  day

No. of Closing days = 12 day

#### 50% cotton and 45 % sharaki



#### During sharaki

$$\text{Field water duty} = \frac{50 \times 350}{100 \times 1 \times 6} + \frac{45 \times 760}{100 \times 2 \times 6} = 57.67 \text{ m}^3 / \text{fed} / \text{day}$$

#### After sharaki

$$\text{Field water duty} = \frac{50 \times 350}{100 \times 1 \times 6} + \frac{45 \times 350}{100 \times 1 \times 6} = 55.42 \text{ m}^3 / \text{fed} / \text{day}$$



Water duty for distributing canal

$$(W.D)_{d.c} = 1.1 * 57.67_1 = 63.44 \text{ m}^3 / \text{fed} / \text{day}$$

Water duty for main canal

$$(W.D.)_{m.c.} = \frac{1.21 * \text{Field water duty}}{3}$$

$$= \frac{1.21 * 57.67}{3} = 23.26 \text{ m}^3 / \text{fed} / \text{day}$$

2- Blany-Criddle method

$$U_{th} = 192 K P (t + 17.8) / 100 \quad \text{m}^3 / \text{Fed} / \text{month}$$

$$U_{actual} = \frac{U_{th}}{\zeta} \quad \text{كفاءة الري}$$

$$\zeta : (60 \rightarrow 70\%) ; 65\%$$

$$A_{total} \text{ of project} = 52619 \text{ f}$$

$$A_{cotton} = 0.50 * 52619 = 26309.5 \text{ f}$$

$$A_{maize} = 0.45 * 52619 = 23678.6 \text{ f}$$

**Cotton**

$$U_{th} = 192 K P (t + 17.8) / 100 \quad m^3 / Fed / month$$

Month	K	P	t	$U_{th}$	$U_{act}$
4	0.5	8.72	23	341.5	525.4
5	0.6	9.53	27	491.8	756.6
6	0.75	9.49	30	653.2	1004.9
7	0.9	9.67	30	798.7	1228.8
8	0.85	9.22	32	749.3	1152.8
9	0.75	8.33	30	573.3	882
10	0.55	7.99	26	369.6	568.6
11	0.5	7.19	19	254	390.8
12	0.5	7.15	18	245.7	378

$$U_{max} \text{ of cotton} = 1228.8 \quad m^3/f/month$$

$$U_{total} \text{ of cotton} = 1228.8 * 26309.5 = 32329113.6 \quad m^3 / month$$



**Maize**

$$U_{th} = 192 K P (t + 17.8) / 100 \quad m^3 / Fed / month$$

Month	K	P	t	$U_{th}$	$U_{act}$
4	0.5	8.72	23	341.5	525.4
5	0.6	9.53	27	491.8	756.6
6	0.7	9.49	30	609.7	938
7	0.8	9.67	30	709.9	1092.2
8	0.8	9.22	32	705.3	1085.1
9	0.6	8.33	30	458.7	705.7
10	0.5	7.99	26	335.9	516.8

$$U_{max} \text{ of maize} = 1092.2 \quad m^3/f/month$$

$$U_{total} \text{ of maize} = 1092.2 * 23678.6 = 25861766.9 \quad m^3 / month$$

$$U_{total} \text{ (cotton+maize)} = 32329113.6 + 25861766.9 = 58190880.5 \quad m^3 / month$$

$$U_{total} \text{ (cotton+maize)} = \frac{58190880.5}{30} = 1939696.02 \quad m^3 / day$$

$$F.W.D = \frac{1939696.02}{(26309.5 + 23678.6)} = 38.8 \text{ m}^3 / \text{f} / \text{day}$$

### Water duty for distributing canal

$$(W.D)_{d.c} = 1.1 * 38.8 = 42.68 \text{ m}^3 / \text{fed} / \text{day}$$

### Water duty for main canal

$$(W.D.)_{m.c} = \frac{1.21 * \text{Field water duty}}{3}$$

$$= \frac{1.21 * 38.8}{3} = 15.65 \text{ m}^3 / \text{fed} / \text{day}$$

### 3- Greeve's method

$$U_{th} = 180 K. C.d . t \quad \text{m}^3 / \text{fed} / \text{month}$$

$$A_{cotton} = 0.50 * 52619 = 26309.5 \text{ f}$$

$$A_{maize} = 0.45 * 52619 = 23678.6 \text{ f}$$

### Cotton

Month	K	C	d	t	$U_{th}$	$U_{act}$
4	0.6	0.17	1.05	23	443.4	682.2
5	0.6	0.17	1.14	27	565.1	869.4
6	0.6	0.17	1.14	30	627.9	966



7	0.6	0.17	1.16	30	638.9	982.9
8	0.6	0.17	1.11	32	652.1	1003.2
9	0.6	0.17	1.10	30	605.9	932.2
10	0.6	0.17	0.96	26	458.3	705.1
11	0.6	0.17	0.86	19	300	461.5
12	0.6	0.17	0.86	18	284.2	437.2

$U_{\max}$  of cotton = 1003.2  $\text{m}^3/\text{f}/\text{month}$

$U_{\text{total}}$  of cotton =  $1003.2 * 26309.5 = 26393690.4 \text{ m}^3/\text{month}$

### Maize

Month	K	C	d	t	$U_{\text{th}}$	$U_{\text{act}}$
7	0.5	0.17	1.16	30	532.4	
8	0.5	0.17	1.11	32	543.5	836.1

$U_{\max}$  of maize = 836.1  $\text{m}^3/\text{f}/\text{month}$

$U_{\text{total}}$  of maize =  $836.1 * 23678.6 = 19797677.5 \text{ m}^3/\text{month}$

$$U_{\text{total}} (\text{cotton} + \text{maize}) = 26393690.4 + 19797677.5 = 46191367.9 \text{ m}^3 / \text{month}$$

$$U_{\text{total}} (\text{cotton} + \text{maize}) = \frac{46191367.9}{30} = 1539712.3 \text{ m}^3 / \text{day}$$

$$F.W.D = \frac{1539712.3}{(26309.5 + 23678.6)} = 30.8 \text{ m}^3 / \text{f} / \text{day}$$

### Water duty for distributing canal

$$(W.D)_{d.c} = 1.1 * 30.8 = 33.9 \text{ m}^3 / \text{fed} / \text{day}$$

### Water duty for main canal

$$\begin{aligned} (W.D.)_{m.c} &= \frac{1.21 * \text{Field water duty}}{3} \\ &= \frac{1.21 * 30.8}{3} = 12.4 \text{ m}^3 / \text{fed} / \text{day} \end{aligned}$$

يتم استخدام الإحتياجات المائية الناتجة من طريقة المناوبات في باقي حسابات المشروع.

$$\text{Field water duty} = 57.67 \text{ m}^3 / \text{fed} / \text{day}$$

$$(W.D)_{d.c} = 63.44 \text{ m}^3 / \text{fed} / \text{day}$$

$$(W.D.)_{m.c} = 23.26 \text{ m}^3 / \text{fed} / \text{day}$$



14.  
1/20

# Irrigation & Drainage Engineering

2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 9

ري

### Types of irrigation

#### 1-Free flow irrigation الري بالراحة

منسوب سطح المياه في القناة أعلى من منسوب الأرض المتوسطة بمسافة

. 25-40 cm



#### 1-Lift irrigation الري بالرفع

منسوب سطح المياه في القناة أقل من منسوب الأرض المتوسطة بمسافة

. (50 cm) 25-75 cm



### Curves in waterway

- من المفضل أن تكون القنوات و المصارف مستقيمة.
- عند الضرورة لوجود انحناء في المجري المائي فإنه يمكن تحديد نصف قطر الانحناء كالتالي:

1-  $R_{min} = 15y$

2- Related to bed width على أساس عرض التربة

3- Related to discharge على أساس التصريف



Type of soil	Radius (times the bed width b)	
	Min	Max
Alluvial soil	30-50	200
Non-Alluvial soil	20	100

Discharge m <sup>3</sup> /sec	Min Radius (m)
>80	1500
30-80	900
15-30	600
3-15	300
0.3-3	150
Up to 0.3	90

### Working head ضاغط التشغيل

هو الفرق بين منسوب المياه عند مأخذ القناة ومنسوب المياه في القناة الأعلى منها في الدرجة عند المأخذ. وهو يمثل الفواقد نتيجة دخول المياه الى القناة الأصغر.

Type of canal	Working head
Main canal	100 cm
Branch canal	60 cm
Distribution	20 cm
Laterals	10 cm

Longitudinal slopes الميول الطولية

Values of water slopes "S" for canals and drains.

Canals		Drains	
Type of canal	S cm/km	Type of drain	S cm/km
Diversion canal	4 → 5	District drain	3 → 5
Main canal	5 → 8	Main drain	5 → 10
Branch canal	8 → 10	Branch drain	10 → 15
Distributing	10 → 20	Small branch	15 → 25
Field canal	20 → 30		

Side slopes الميول الجانبية

Soil	Side slope	
	canal	drain
Sand	2:1 → 3:1	2:1 → 3:1
Silt	3:2	2:1
Clay	1:1	3:2

F: Free board (ارتفاع منسوب الجدار المستطاح)  $\nless 25\text{cm}$

canal	Field	Distr.	Branch/Main	Diversion
X(m)	0.5	0.75	1.5	2.0

ارتفاع الجدار  
عند مستوى  
الطابق التربة





### Synoptic Diagram المخطط المائي

هو قطاع طولي في القنوات والمصارف يوضح عليه:

- 1- منسوب الأرض الطبيعية (L.L) Land level
- 2- منسوب سطح المياه (W.L) Water level
- 3- الترقيم الكيلومتری للقناة أو المصارف kilometrage

1- مقياس الرسم:

\* المقياس الرأسى (ثابت) 1:100 كل 1cm على اللوحة يقابل 1m في الطبيعة

\* المقياس الأفقى

1:50000 → 1 cm=0.5 km

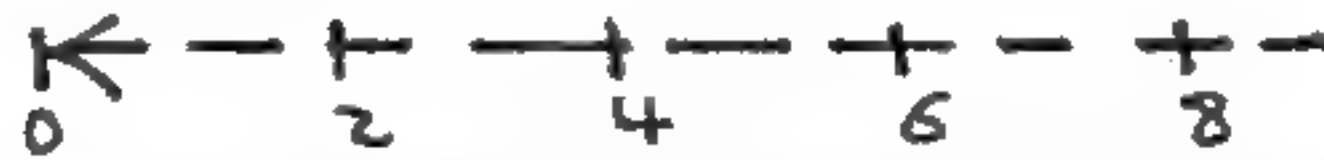
1:100000 → 1 cm=1.0 km

1:200000 → 1 cm=2.0 km

1:250000 → 1 cm=2.5 km

2- الترقيم:

يتم ترقيم الترع مع اتجاه السريان وترقيم المصارف عكس اتجاه السريان.



3- القنوات الفرعية فوق القناة الرئيسية قطاعها الطولى فوق قطاع القناة والعكس.



ملاحظات هامة

1- يتم توقيع سطح الأرض في الترع الفرعية والترعة الرئيسية.

2- نرسم سطح الأرض المتوسط

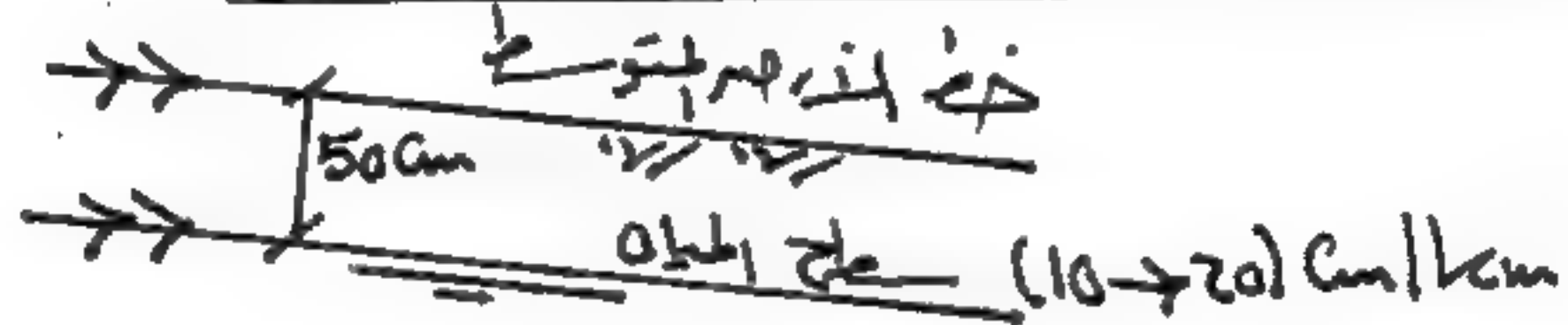


نحسب ميل خط الأرض المتوسط  $\frac{\Delta y}{\Delta x}$  — فرق المنسوب بين البداية والنهاية (سم)  
 طول القناة (كم) —  $\Delta x$

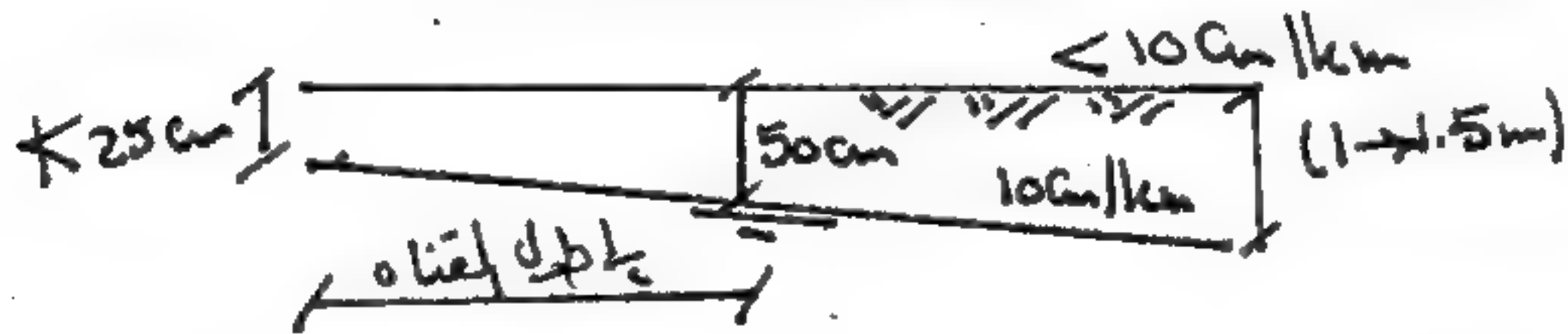
بالنسبة للترع:

ميل سطح المياه في قنوات التوزيع (10-20 cm/km)

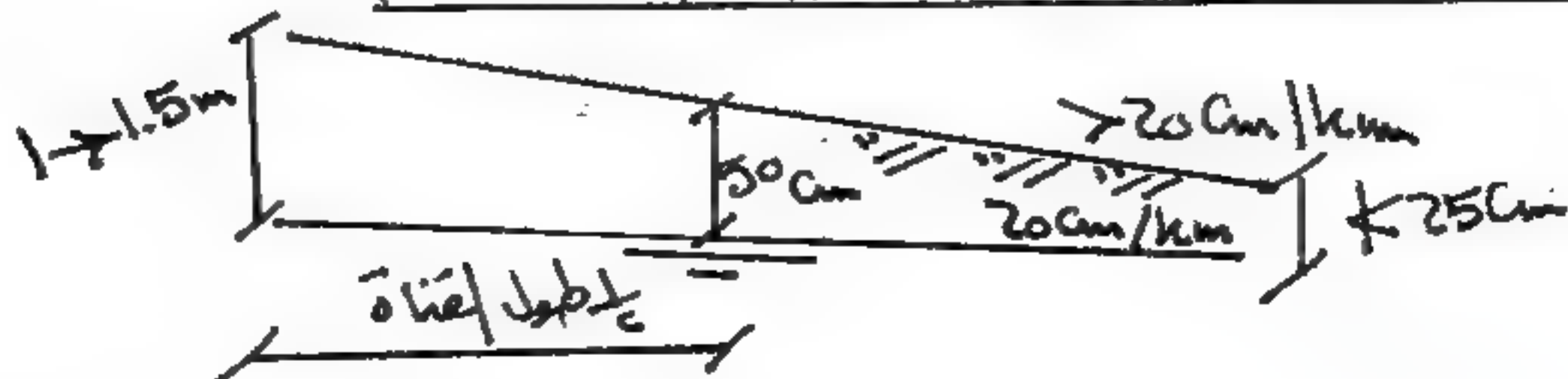
إذا كان ميل خط الأرض المتوسط (10-20 cm/km)



إذا كان ميل خط الأرض المتوسط أقل من (10 cm/km)



إذا كان ميل خط الأرض المتوسط أكبر من (20 cm/km)





ميل سطح المياه في القناة الفرعية (8-10 cm/km)

إذا كان ميل خط الأرض المتوسط (8-10 cm/km)

خط المياه يوازي سطح الأرض

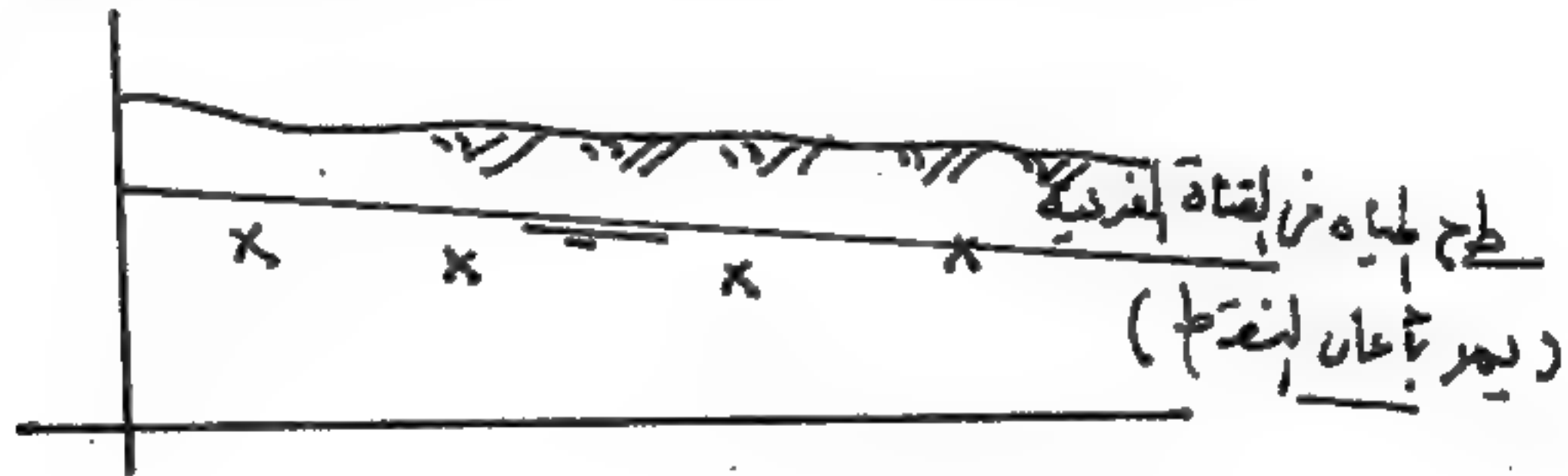
إذا كان ميل خط الأرض المتوسط أقل من (8 cm/km)

ميل خط المياه 8 cm/km

إذا كان ميل خط الأرض المتوسط أكبر من (10 cm/km)

ميل خط المياه 10 cm/km

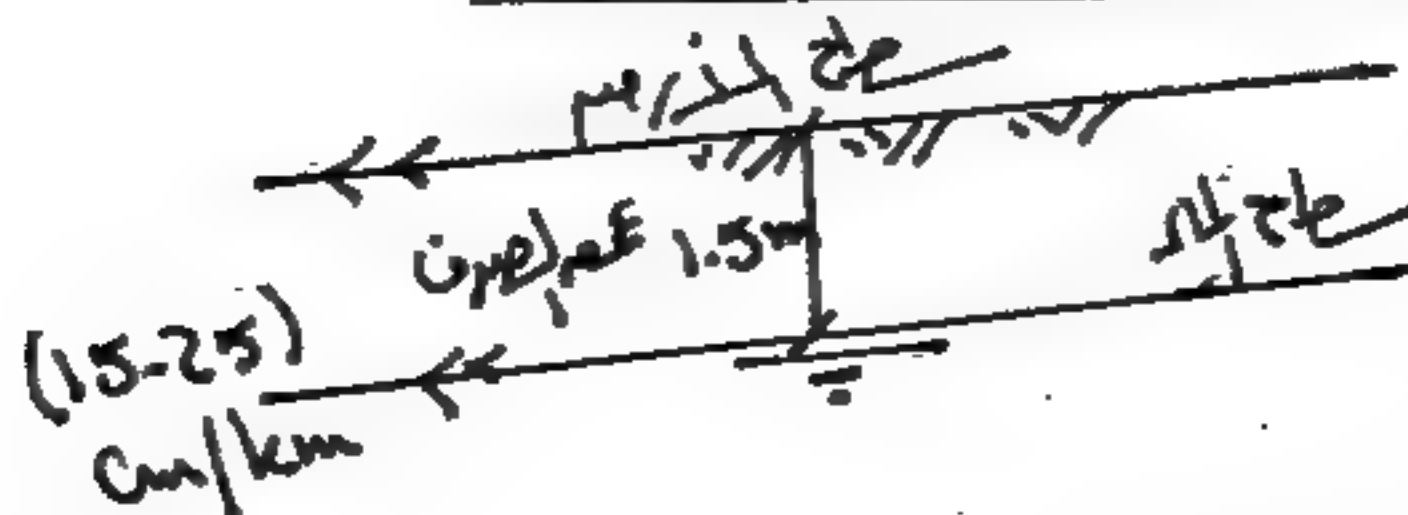
ويمر خط المياه بأعلى النقط (المناسيب) من Distribution canals



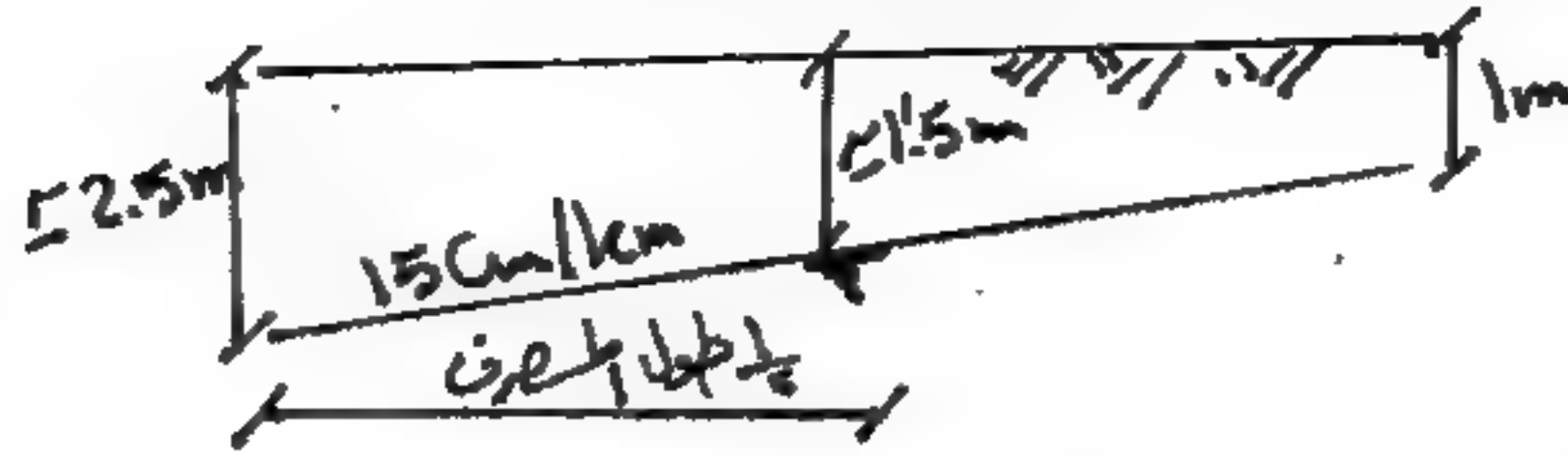
بالنسبة للمصارف:

ميل سطح المياه في Small Branch (15-25 cm/km)

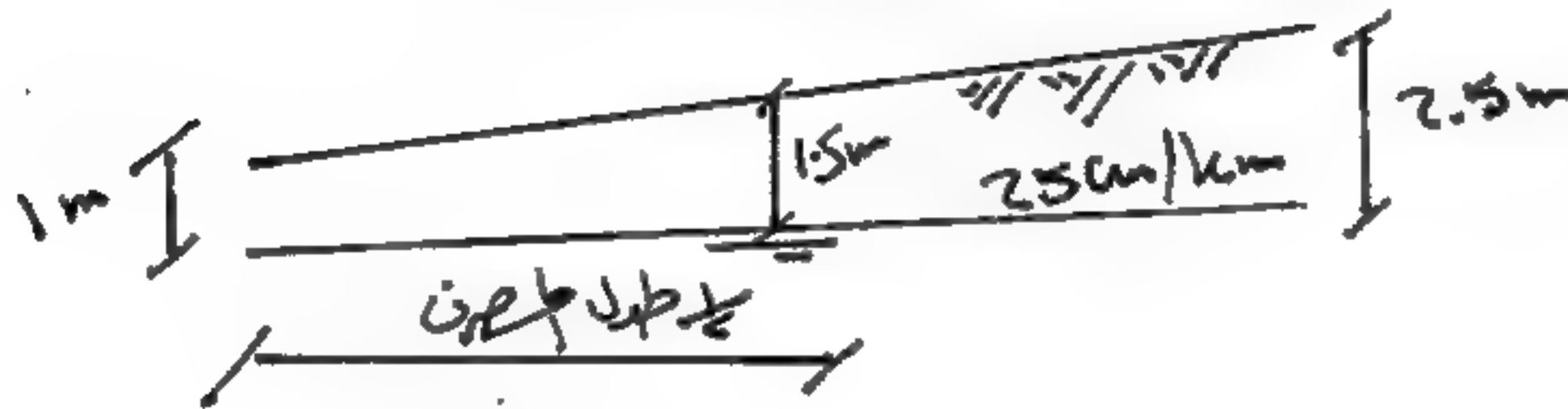
إذا كان ميل خط الأرض المتوسط (15-25 cm/km)



إذا كان ميل خط الأرض المتوسط أقل من (15 cm/km)



إذا كان ميل خط الأرض المتوسط أكبر من (25 cm/km)



ميل سطح المياه في المصرف الفرعي (10-15 cm/km)

إذا كان ميل خط الأرض المتوسط (10-15 cm/km)

خط المياه يوازي سطح الأرض

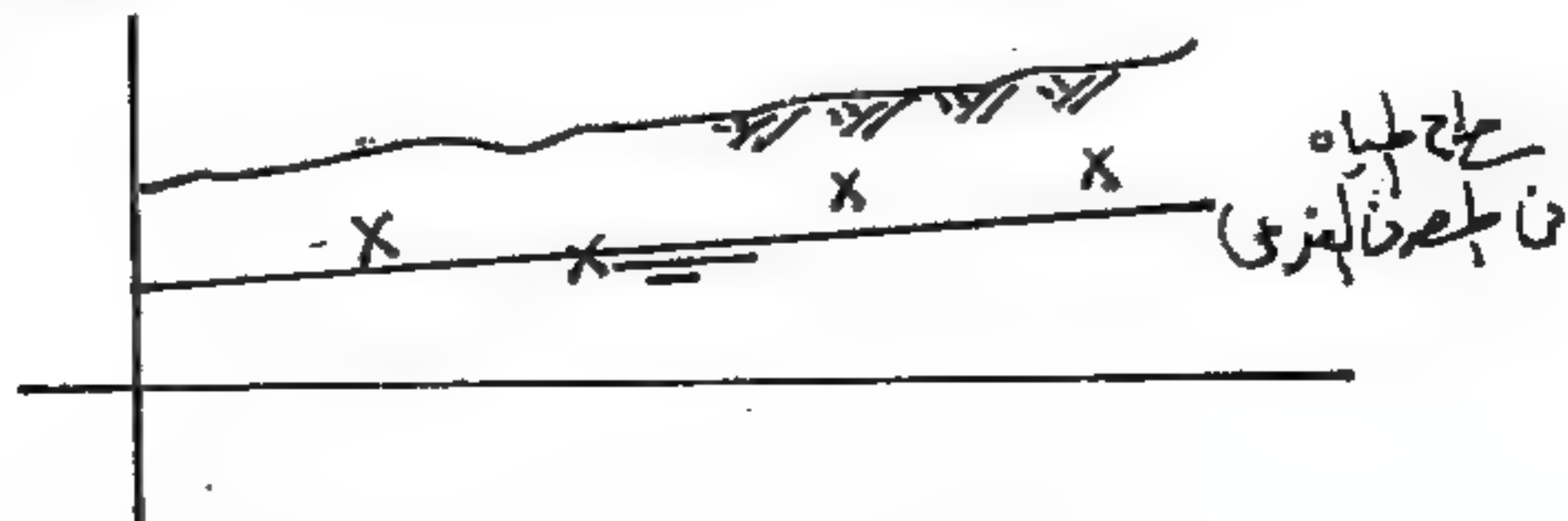
إذا كان ميل خط الأرض المتوسط أقل من (10 cm/km)

ميل خط المياه 10 cm/km

إذا كان ميل خط الأرض المتوسط أكبر من (15 cm/km)

ميل خط المياه 15 cm/km

ويمر خط المياه بأقل النقاط (المناسيب) من Small Branch drains

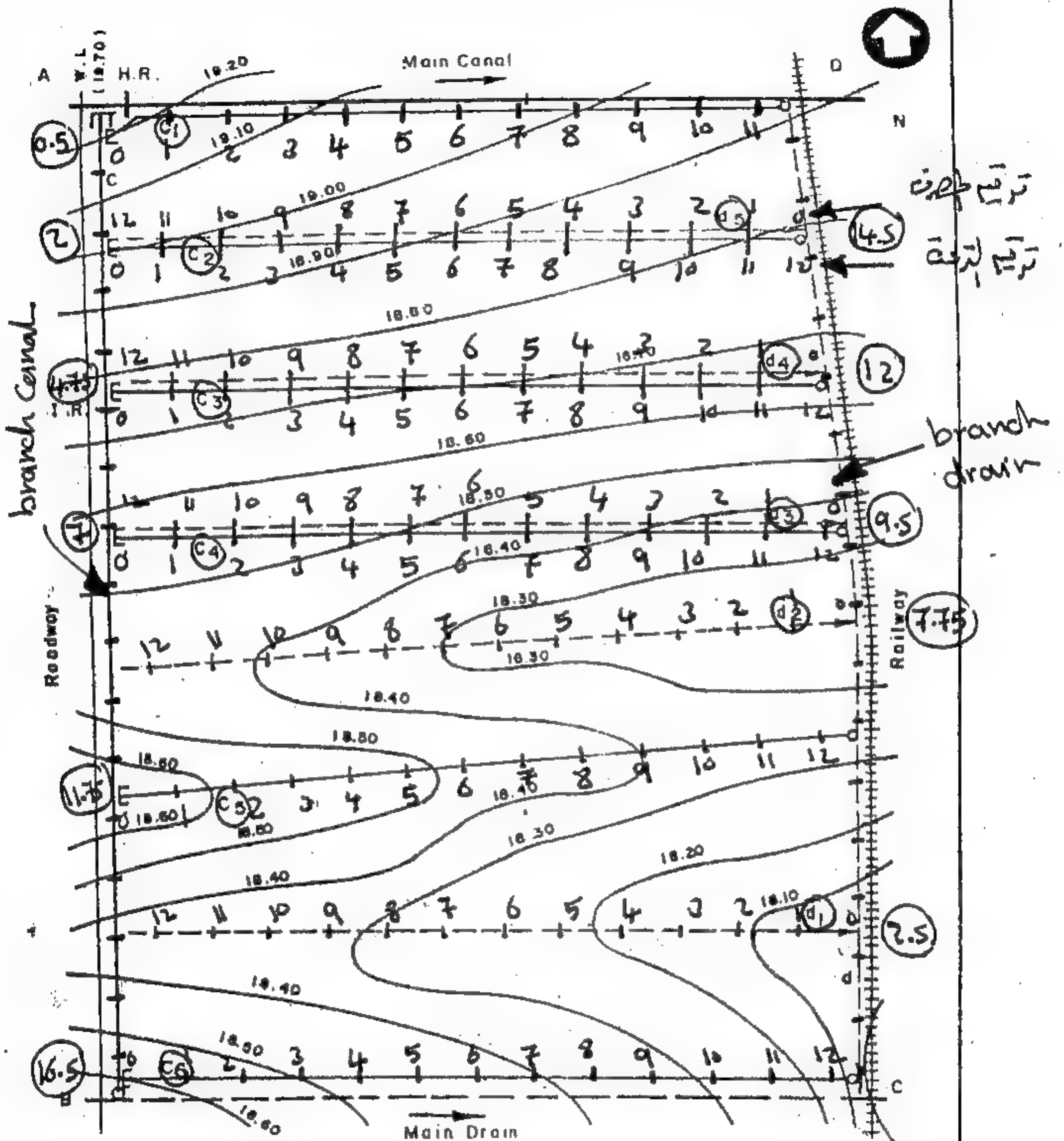




منسوب المياه في القناة الفرعية أعلى من منسوب المياه عند مأخذ قنوات التوزيع  
بمسافة لا تقل عن 20 cm .

منسوب المياه في المصرف الفرعي أقل من منسوب المياه عند مصب المصارف  
الفرعية الصغيرة بمسافة لا تقل عن 20 cm .

---



Scale 1 : 50,000

1 : 100,000

CANALIZATION

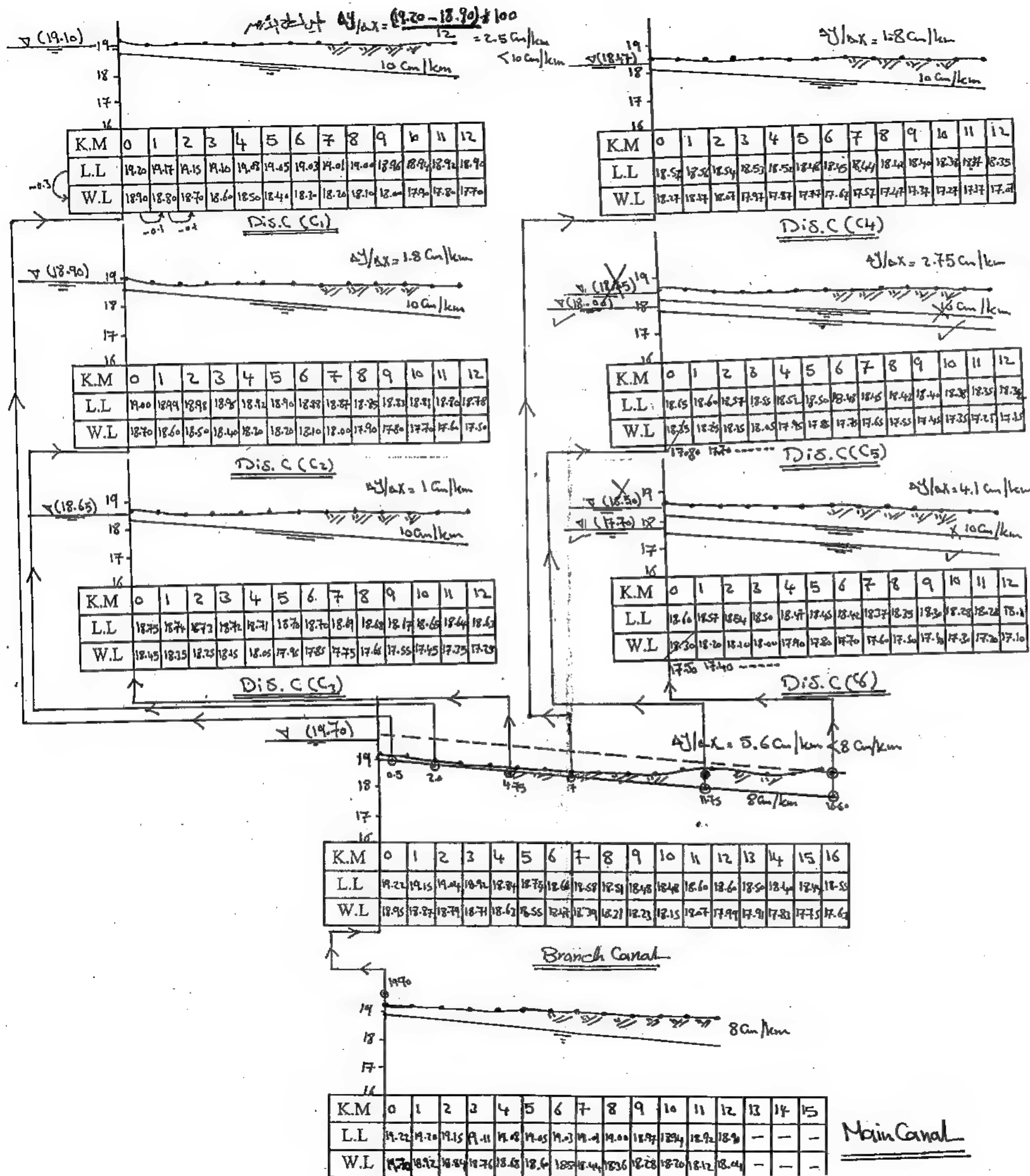
9



# نوعه متر امذره ام (14)

Synoptic diagram  
For Main, Branch  
and distribution  
Canals

1:100,000  
1:100



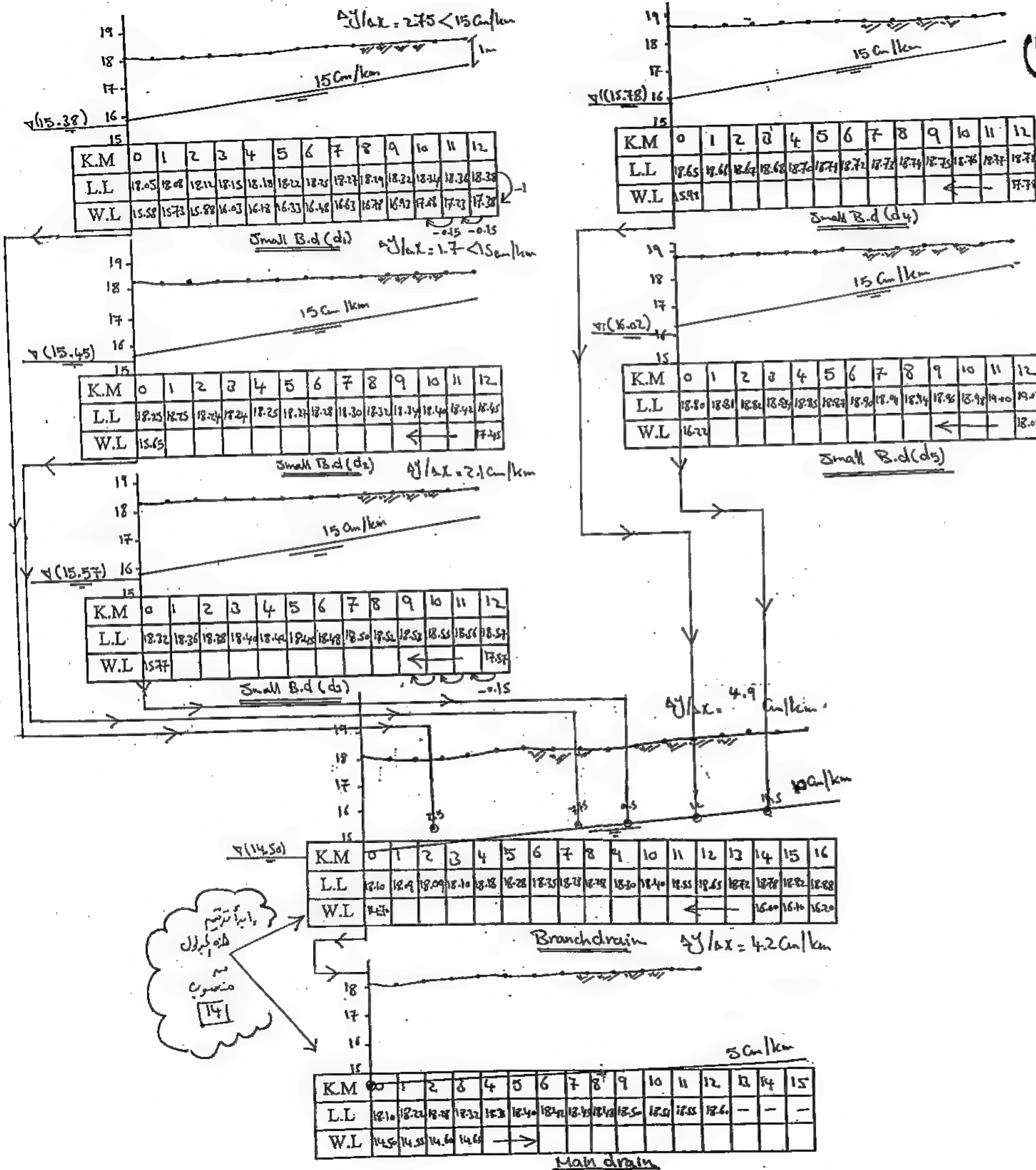


# لوحة رقم (2) مذكرة اشرف (14)

Synoptic diagram  
For Main, Branch  
and Small Branch  
Drains.

1:100,000

1:100





15  
-18-

# Irrigation & Drainage Engineering

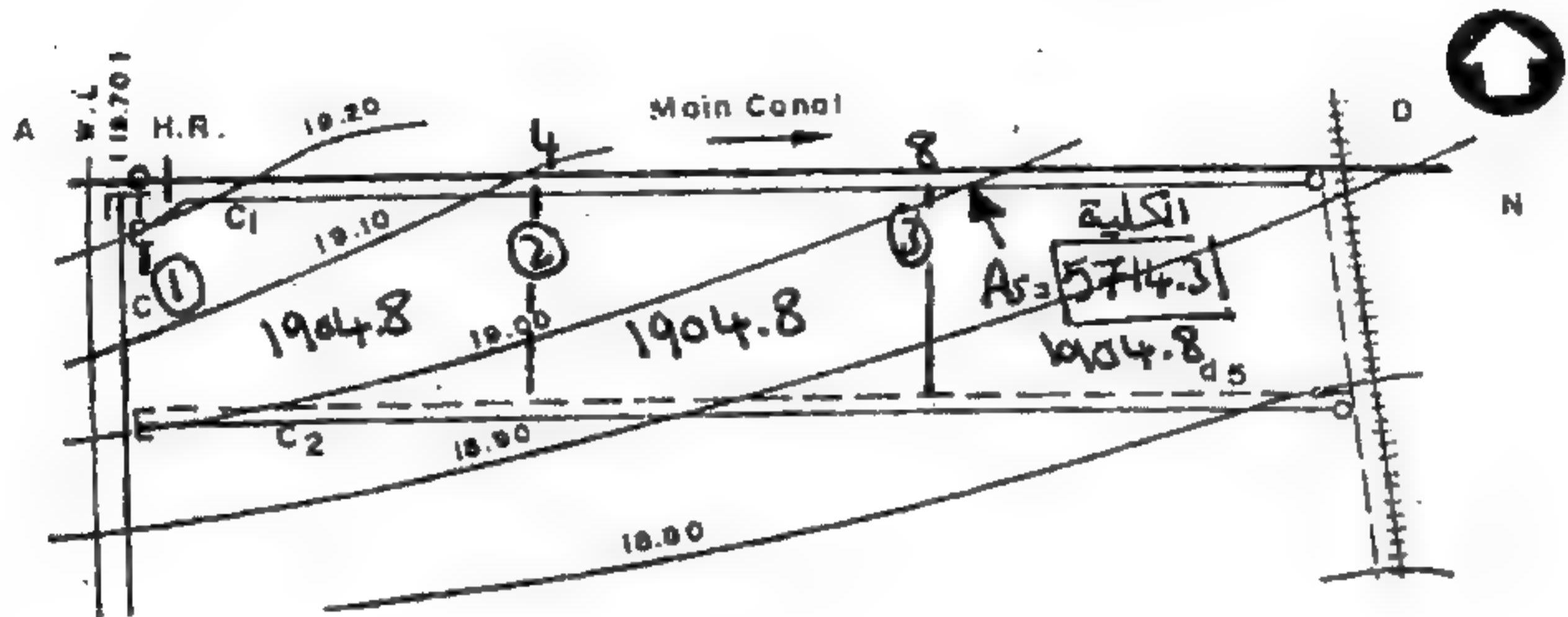
2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 10

ري

المساحة المخدومة (الزمام) Area served



Distribution Canal C1:

As 1 at K.M 0 = 5714.3 f

As 2 at K.M 4 = 3809.5 + 0.4 \* 1904.8 = 4571.5 f

As 3 at K.M 8 = 1904.8 + 0.4 \* 3809.5 = 3428.6 f

$$(Q)_{d.c} = \frac{(W.D)_{d.c} * \text{Area served}}{24 * 60 * 60} \quad \text{m}^3/\text{sec}$$

$$Q_1 = \frac{63.44 \times 5714.3}{24 \times 60 \times 60} = 4.2 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$Q_2 = \frac{63.44 \times 4571.5}{24 \times 60 \times 60} = 3.35 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$Q_3 = \frac{63.44 \times 3428.6}{24 \times 60 \times 60} = 2.52 \text{ m}^3/\text{sec}$$





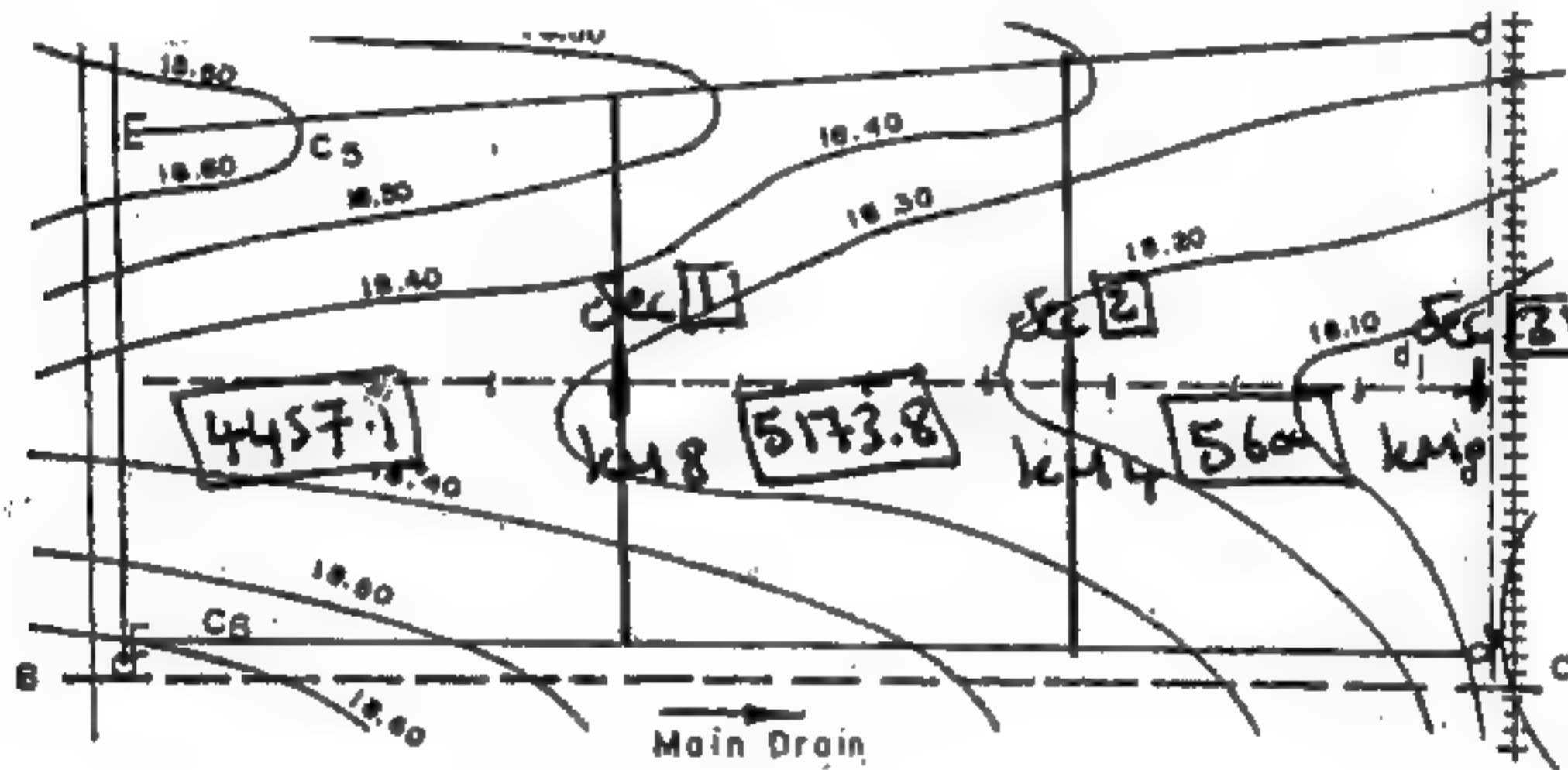
Sec.	Area served			Area served + compansation			Design area served
	$A_{turn}$	$B_{turn}$	$C_{turn}$	$A + 0.4C$	$B + 0.4A$	$C + 0.4B$	
$S_1$	20969	22740.6	8909.4	24532.8	31128.2	18005.6	31128.2
$S_2$	_____	22740.6	8909.4	3563.8	22740.6	18005.6	22740.6
$S_3$	_____	_____	8909.4	3563.8	_____	8909.4	8909.4

$$(Q)_{b.c} = \frac{(W.D)_{b.c} * \text{Design area served}}{24 * 60 * 60} \quad \text{m}^3/\text{sec}$$

$$Q_1 = \frac{23.26 * 31128.2}{24 * 60 * 60} = 8.4 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$Q_2 = \frac{23.26 * 22740.6}{24 * 60 * 60} = 6.1 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$Q_3 = \frac{23.26 * 8909.4}{24 * 60 * 60} = 2.4 \text{ m}^3/\text{sec}$$



For small branch drains Area served =  $A_s$  upstream section

بالنسبة للمصارف المساحة المخدومة تساوي المساحة قبل القطاع

Small Branch Drain D1:

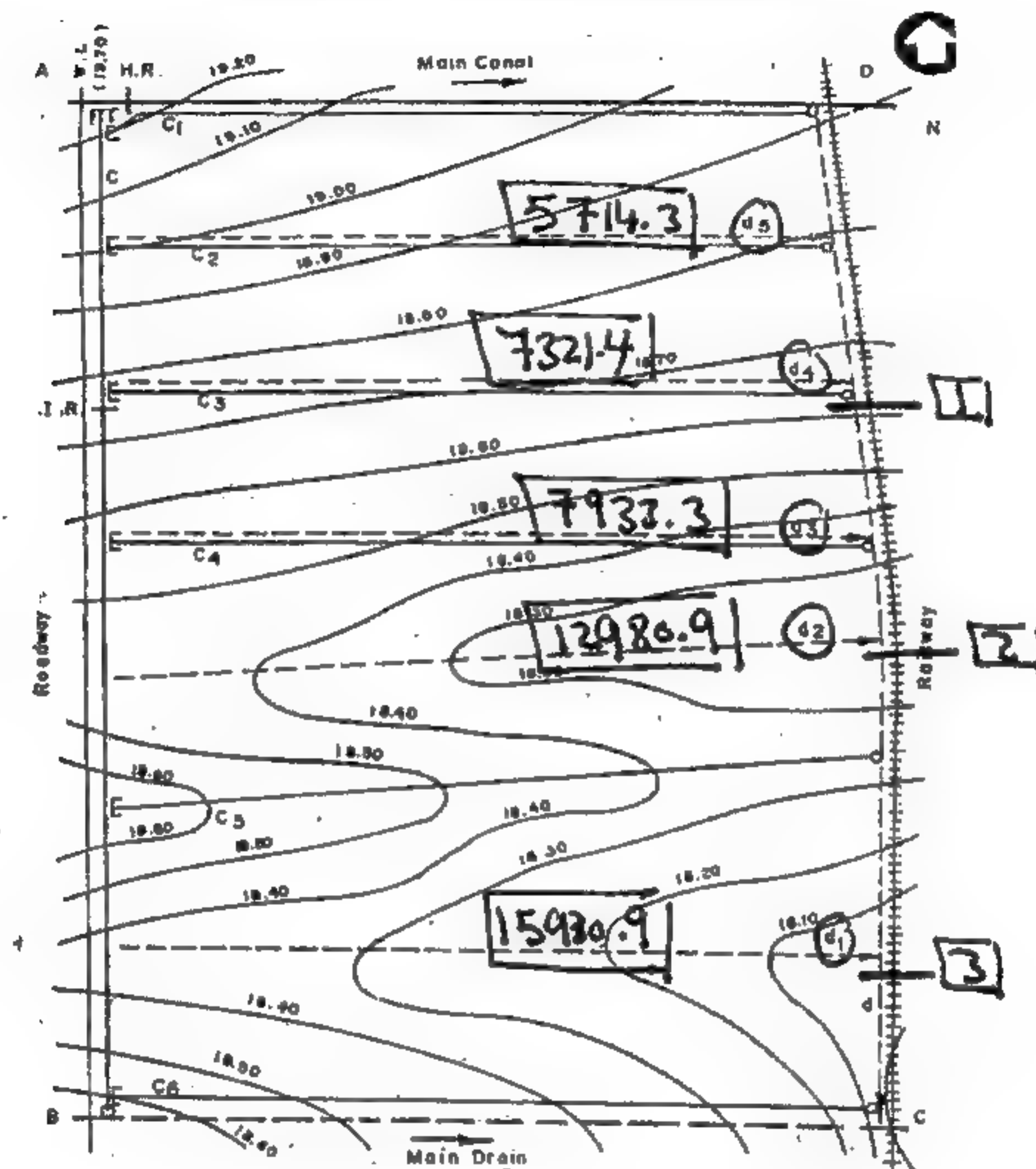
$$A_s 1 = 4457.1 \text{ f}$$

$$A_s 2 = 9630.9 \text{ f}$$

$$A_s 3 = 15230.9 \text{ f}$$



For branch drain Area served =  $\Sigma A_s$  of small branch drains upstream section



$$As\ 1 = 5714.3 + 7321.4 = 13035.7\ f$$

$$As\ 2 = 13035.7 + 7933.3 + 12980.9 = 33949.9\ f$$

$$As\ 3 = 33949.9 + 15930.9 = 49880.8\ f$$

Discharge of drains

$$(Q)_{\text{drain}} = \frac{\text{Area served} * \text{Drain water duty}}{24 * 60 * 60} \quad \text{m}^3/\text{sec}$$

Drain water duty ثابت لأي مصرف

Drain water duty = Drainage factor (40%) * F.W.D
--

$$\text{Drain water duty} = 0.4 * 57.67 = 23.1 \text{ m}^3 / \text{fed} / \text{day}$$

Small Branch Drain D1:

$$Q_1 = \frac{23.1 \times 4457.1}{24 \times 60 \times 60} = 1.2 \text{ m}^3 / \text{sec}$$

$$Q_2 = \frac{23.1 \times 9630.9}{24 \times 60 \times 60} = 2.6 \text{ m}^3 / \text{sec}$$

$$Q_3 = \frac{23.1 \times 15230.9}{24 \times 60 \times 60} = 4.1 \text{ m}^3 / \text{sec}$$

For Branch drain

$$Q_1 = \frac{23.1 \times 13035.7}{24 \times 60 \times 60} = 3.5 \text{ m}^3 / \text{sec}$$



## تصميم قنوات الري

Design of irrigation channelsتصميم القطاع : Design of section

تصميم قطاع المجري المائي "ترعة أو مصرف" هو إيجاد الأبعاد الأساسية للقطاع المائي وهي :



1- عرض قاع المجري "b" = Bed width

2- عمق المياه "y" = Water depth

3- ميل الجوانب - Side slope

4- ميل القاع : انحدار القاع في الاتجاه الطولي "S" = Bed slope

5- سرعة تدفق المياه "V" = Velocity of flow

وهذه السرعة يجب اختيارها بحيث تجعل هذا القطاع "stable section".

$$V = 0.3 \text{ m/sec} \rightarrow 0.9 \text{ m/sec}$$

Stable section : هو القطاع الذي لا يحدث به نحر "Scouring"، ولا ترسيب "إطماء Silting".

أهم المعادلات المستخدمة في تصميم المجاري المائية المكشوفة

1- Chezy equation:

$$V = C \cdot R^{\frac{1}{2}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad \text{m/sec}$$

C = Chezy coefficient.

R = hydraulic radius = نصف القطر الهيدروليكي =  $\frac{A}{P}$

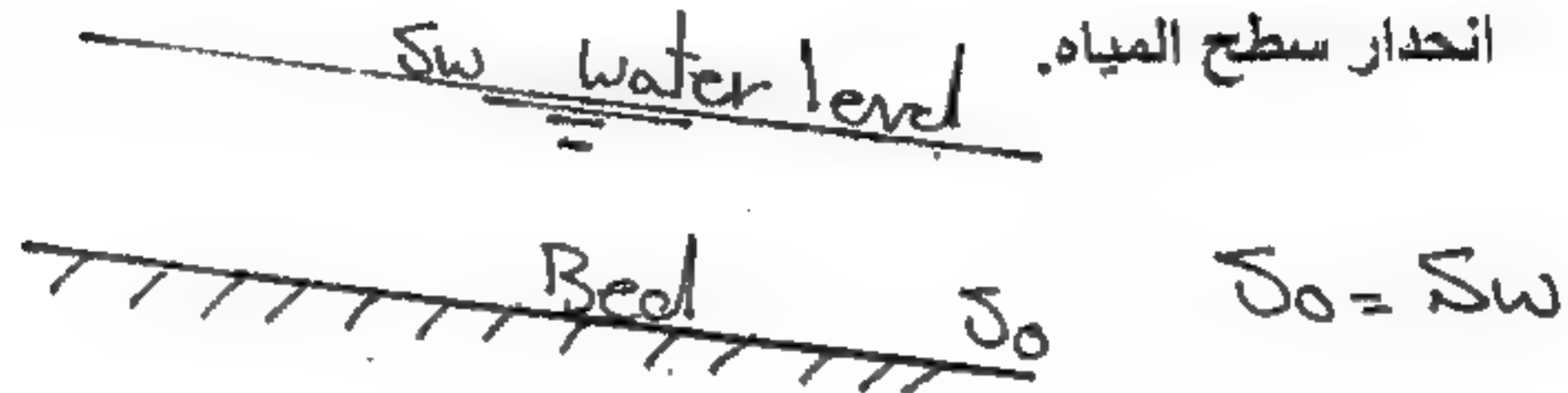
A = مساحة القطاع

P = wetted perimeter محيط القطاع الملاصق للمياه (المحيط المبتل)

$S = \text{bed slope cm/km}$

For uniform flow : water slope = bed slope

في حالة التدفق المنتظم يكون انحدار قاع التربة في الاتجاه الطولي هو نفسه انحدار سطح المياه.



## 2- Manning equation:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad \text{m/sec}$$

$$\therefore Q = A \cdot V \Rightarrow Q = A \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

$$R = \frac{A}{P} \Rightarrow Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot \frac{A^{\frac{2}{3}}}{P^{\frac{2}{3}}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore Q = \frac{1}{n} \cdot \frac{A^{\frac{5}{3}}}{P^{\frac{2}{3}}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad \text{m}^3/\text{sec}$$

n = coefficient of roughness (manning coeff.) معامل ماننج

معامل يتوقف على درجة خشونة جوانب وقاع المجرى المائي.

ملاحظة هامة:

في معادلة Manning و Chezy عند التعويض عن قيمة  $S \text{ cm/km}$

تضرب في  $10^{-5}$  حتى تكون dimensionless



Type of canal	$\frac{1}{n}$
Drain	33
Regular earth canal	40

ملحوظة:

إذا لم تُعطى قيمة  $\frac{1}{n}$  نأخذها = 40 ( $n = 0.025$ )

### 3- Buckly equations:

#### For non silting and non scouring canals

معادلات "بكلي" لتصميم الترع والمصارف الأمانة من النحر والترسيب

أولاً: الترع

$$\text{For } y \leq 1.62 \text{ m : } y = \frac{b(S+8)^2}{650}$$

$$\text{For } y > 1.62 \text{ m : } y = 0.1 \sqrt{b} \left( \frac{S}{2} + 4 \right)$$

ملاحظة هامة:

Buckly في معادلة

If slope "S" = 8 cm/km

تؤخذ كما هي  $\therefore S = 8$

ثانياً: المصارف

1- في حالة المصارف الضحلة "Shallow" ذات الميل البسيط لسطح الماء:

$$\text{For } b \leq 2m : y = 0.96 \cdot b$$

$$\text{For } b > 2m : y = 1.5 \sqrt[3]{b}$$

2- في حالة المصارف العميقة "Deep" ذات الميل الشديد لسطح الماء:

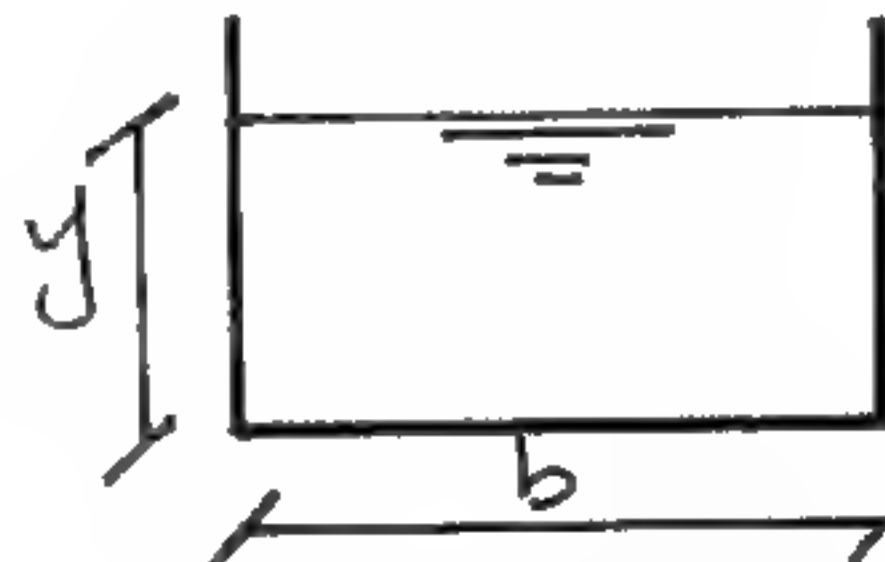
$$\text{For } b \leq 2m : y = b$$

$$\text{For } b > 2m : y = 1.75 \sqrt[3]{b}$$

For rectangular section:

$$A = y \cdot b$$

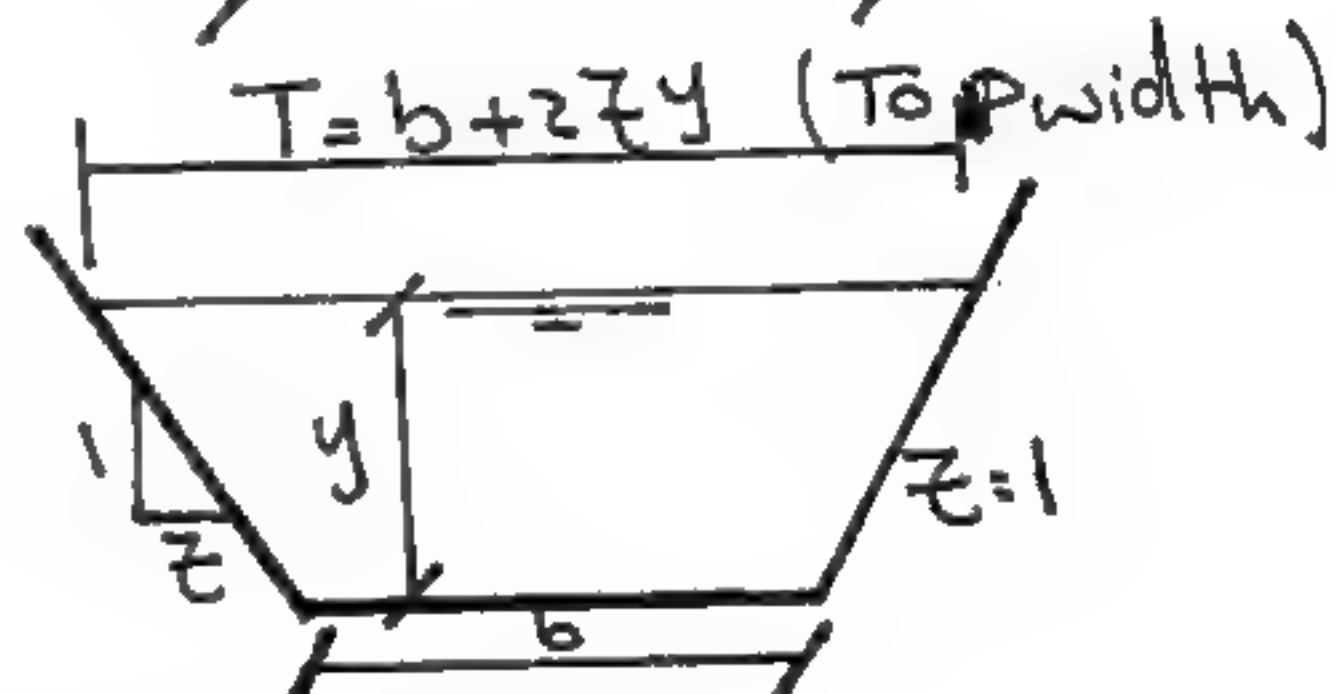
$$p = b + 2y$$



For trapezoidal section:

$$A = y (b + zy)$$

$$p = b + 2y \cdot \sqrt{1+z^2}$$



وتعتمد قيمة Z على نوع التربة



16  
No

# Irrigation & Drainage Engineering

2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 11

ري

**For Distribution canal C1****Sec 1:**

$$Q=4.2 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$S=10 \text{ cm/km}$$

$$Z=1:1 \text{ (clay)}$$

$$1/n = 40 \text{ (For canal)}$$

**Manning equation:**

$$\therefore Q = \frac{1}{n} \cdot \frac{A^{\frac{5}{3}}}{P^{\frac{2}{3}}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad \text{m}^3/\text{sec}$$

$$A = y(b + zy) = y.(b+1*y)$$

$$p = b + 2y \cdot \sqrt{1+z^2} = b + 2\sqrt{1+1^2} = b + 2.82y$$

$$4.2 = 40 \frac{[y.(b+y)]^{\frac{5}{3}}}{[b+2.82y]^{\frac{2}{3}}} (10*10^{-5})^{0.5}$$

$$\frac{[y.(b+y)]^{\frac{5}{3}}}{[b+2.82y]^{\frac{2}{3}}} = 10.5 \rightarrow 1 //$$



Buckly equation:

For $y \leq 1.62 \text{ m}$ : $y = \frac{b(S+8)^2}{650}$
--

$$y = \frac{b(10+8)^2}{650}$$

$$y = 0.498 b$$

$$b = 2.01 y \rightarrow //$$

From 2 in 1

$$\frac{[y.(2.01y + y)]^{\frac{5}{3}}}{[2.01y + 2.82y]^{\frac{2}{3}}} = 10.5$$

$$\frac{[3.01y^2]^{\frac{5}{3}}}{[4.83y]^{\frac{2}{3}}} = 10.5$$

$$\frac{6.27y^{\frac{10}{3}}}{2.86y^{\frac{2}{3}}} = 10.5$$

$$y^{\frac{8}{3}} = 4.79$$

$$y = (4.79)^{\frac{3}{8}} = 1.79 > 1.62 \quad (X)$$

لذا - لفرصتان آسانان  $y \leq 1.62$

Assume  $y > 1.62$

$$y = 0.1 \sqrt{b} \left( \frac{S}{2} + 4 \right)$$

$$y = 0.1 \sqrt{b} \left( \frac{10}{2} + 4 \right)$$

$$y = 0.9 \sqrt{b}$$

$$y^2 = 0.81 b$$

$$b = 1.23 y^2$$

$$\frac{[y(1.23y^2 + y)]^{\frac{5}{2}}}{[1.23y^2 + 2.82y]^{\frac{3}{2}}} = 10.5$$

By trials

y	1.7	1.8	1.75
R.H.S	9.34	11.43	10.35

$$y = 1.75 \text{ m } (\checkmark)$$

$$b = 1.23 * 1.75^2 = 3.77 \text{ m}$$

take  $y = 1.75 \text{ m}$

$b = 4.0 \text{ m}$



بعد الحصول على أبعاد القطاع يتم تقريب عرض القطاع كالآتي:

1-  $b > 1 \text{ m}$

2-  $1 < b < 2 \text{ m}$

يتم التقريب لأقرب 20 سم

$1 \rightarrow 1.2 \rightarrow 1.4 \rightarrow 1.6 \rightarrow 1.8 \rightarrow 2.0$

3-  $2 < b < 5 \text{ m}$

يتم التقريب لأقرب 50 سم

$2.0 \rightarrow 2.5 \rightarrow 3.0 \rightarrow 3.5 \rightarrow 4.0 \rightarrow 4.5$

4-  $b > 5 \text{ m}$

يتم التقريب لأقرب 1 م

### Sec 2:

$Q = 3.35 \text{ m}^3/\text{sec}$

$S = 10 \text{ cm/km}$

$Z = 1:1 \text{ (clay)}$

$1/n = 40 \text{ (For canal)}$

### Manning equation:

$$\therefore Q = \frac{1}{n} \cdot \frac{A^{\frac{5}{3}}}{p^{\frac{2}{3}}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad \text{m}^3/\text{sec}$$

$A = y(b + zy) = y \cdot (b + 1 \cdot y)$

$p = b + 2y \cdot \sqrt{1+z^2} = b + 2\sqrt{1+1^2}y = b + 2.82y$

$$3.35 = 40 \frac{[y.(b+y)]^{\frac{5}{3}}}{[b+2.82y]^{\frac{2}{3}}} (10 \times 10^{-5})^{0.5}$$

$$\frac{[y.(b+y)]^{\frac{5}{3}}}{[b+2.82y]^{\frac{2}{3}}} = 8.38 \rightarrow 1 //$$

**Buckly equation:**

**Assume  $y > 1.62$**

$$y = 0.1 \sqrt{b} \left( \frac{S}{2} + 4 \right)$$

$$y = 0.1 \sqrt{b} \left( \frac{10}{2} + 4 \right)$$

$$y = 0.9 \sqrt{b}$$

$$y^2 = 0.81 b$$

$$b = 1.23 y^2$$

$$\frac{[y.(1.23y^2 + y)]^{\frac{5}{3}}}{[1.23y^2 + 2.82y]^{\frac{2}{3}}} = 8.38$$

**By trials**

y	1.7	1.65
R.H.S	9.34	8.41



$$y = 1.65 \text{ m } (\angle)$$

$$b = 1.23 * 1.65^2 = 3.35 \text{ m}$$

take  $y = 1.65 \text{ m}$

$$b = 3.5 \text{ m}$$

### For Small Branch drain D1

#### Sec 3:

$$Q = 4.1 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$S = 15 \text{ cm/km}$$

$$Z = 3:2 \text{ (clay)}$$

$$1/n = 33 \text{ (For drain)}$$

#### Manning equation:

$$\therefore Q = \frac{1}{n} \cdot \frac{A^{\frac{5}{3}}}{P^{\frac{2}{3}}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad \text{m}^3/\text{sec}$$

$$A = y(b + zy) = y.(b + 1.5*y)$$

$$p = b + 2y \cdot \sqrt{1+z^2} = b + 2y \cdot \sqrt{1+1.5^2} = b + 3.6y$$

$$4.1 = 33 \frac{[y.(b + 1.5 * y)]^{\frac{5}{3}}}{[b + 3.6y]^{\frac{2}{3}}} (15 * 10^{-5})^{0.5}$$

$$\frac{[y.(b + 1.5 * y)]^{\frac{5}{3}}}{[b + 3.6y]^{\frac{2}{3}}} = 10.14 \rightarrow 1$$

**Buckly equation:**

**Assume  $b > 2$**

$$y = 1.5 \sqrt[3]{b}$$

$$y^3 = 3.38 b$$

$$b = 0.3 y^3 \rightarrow 2$$

**From 2 in 1**

$$\frac{[y.(0.3y^3 + 1.5 * y)]^{\frac{5}{3}}}{[0.3y^3 + 3.6y]^{\frac{2}{3}}} = 10.14$$

**By trials**

y	2.1	2.0	1.9	1.95	1.93
R.H.S	14.09	11.68	9.62	10.61	10.2

$$y = 1.93 \text{ m}$$

$$b = 0.3 * 1.93^3 = 2.26 \text{ m} > 2 \quad (\checkmark)$$

**take  $y = 1.93 \text{ m}$**

$$\underline{b = 2.5 \text{ m}}$$



Check of velocity:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (0.3 \rightarrow 0.9 \text{ m/sec})$$

Sec 1:

$$Q = 4.2 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$A = y(b + zy) = 1.75(4 + 1 \cdot 1.75) = 10.1 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4.2}{10.1} = 0.42 \quad (0.3 \rightarrow 0.9 \text{ m/sec}) \text{ safe}$$

<u>Canal</u>	<u>Sec 1</u>		<u>Sec 2</u>		<u>Sec 3</u>	
	y	b	y	b	y	b
<u>C1</u>	1.75	4.0	1.65	3.5	✓	✓
<u>C2</u>	✓	✓	✓	✓		
<u>C3</u>						
<u>C4</u>						
<u>C5</u>						

17

# Irrigation & Drainage Engineering

2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

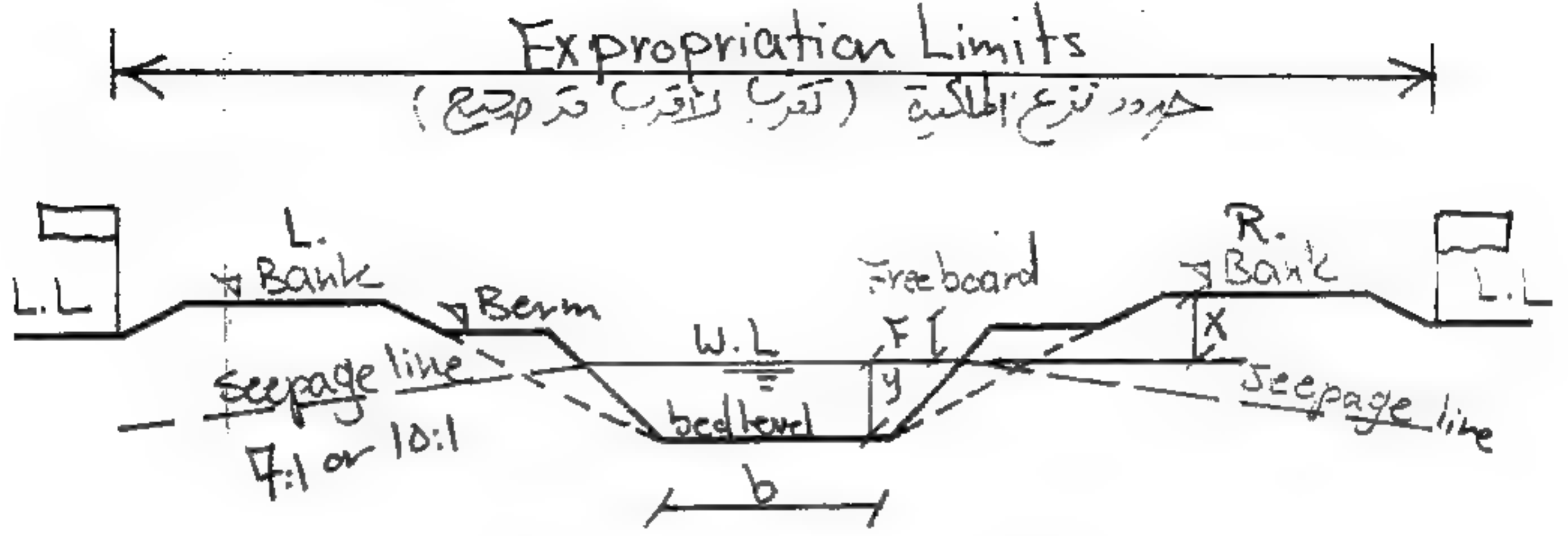
الفرقة الثانية مدني

No. 12

ري



### Cross sections of canals and drains



### Typical cross section of canal

#### Berm: المسطاح

- هو المسافة الأفقية التي يتم تركها بين منسوب المياه وبداية ميل الطريق .
- منسوب المسطاح أعلي من منسوب المياه بمسافة لا تقل عن 25 cm .

#### الغرض من وجود المسطاح:

- تقوية الطريق وتقليل تأثير أحمال الطريق علي جوانب القطاع المائي.
- استخدامه في التطهير الميكانيكي للترع والمصارف.

#### Bank: الجسر (الطريق)

- يتراوح عرض الطريق بين 4-12 متر حسب درجته .
- ارتفاع الطريق فوق منسوب المياه في التربة الفرعية و الرئيسية حوالي 1.5 متر.

- يفضل اختيار عرض الطريق وارتفاعه بحيث تكون كميات الحفر لتشكيل قطاع المجري المائي = كميات الردم اللازمة لتكوين الطريق.

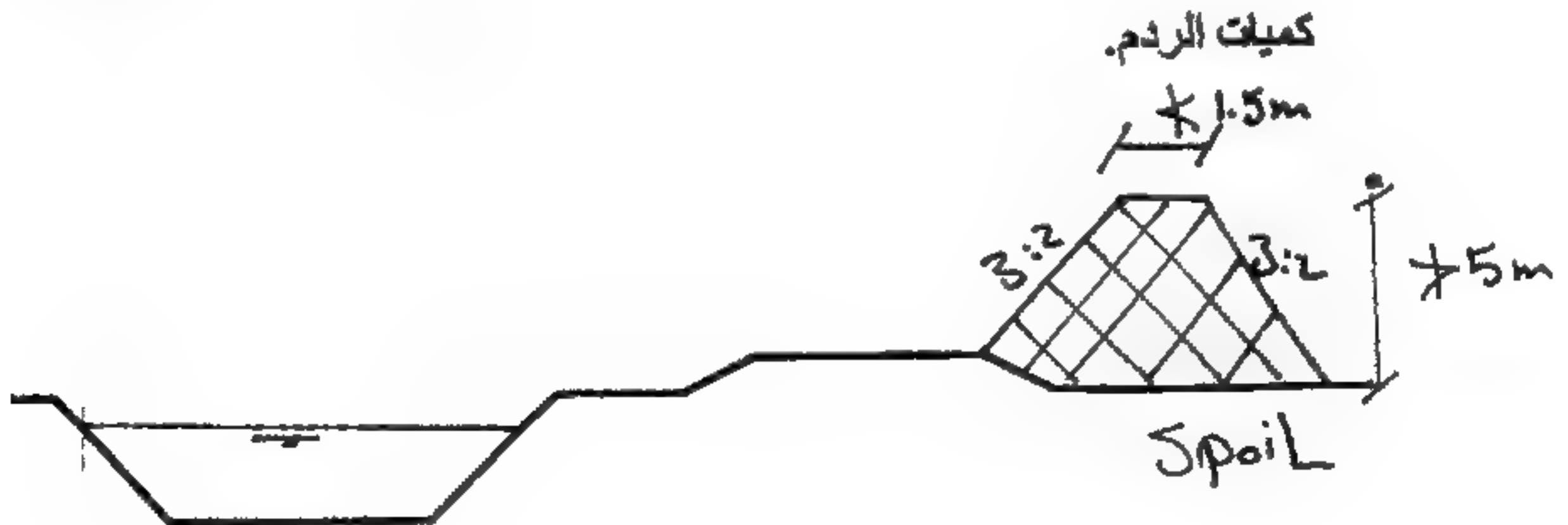
### Borrow pits:

- هي كميات الحفر اللازمة لتكوين الجسور عندما تكون كميات الردم المطلوبة أكبر من كمية الحفر الناتجة من تشكيل قطاع القناة.



### Spoil:

- هو كمية الأتربة التي يتم تشوينها وتتولد عندما تكون كميات الحفر أكبر من

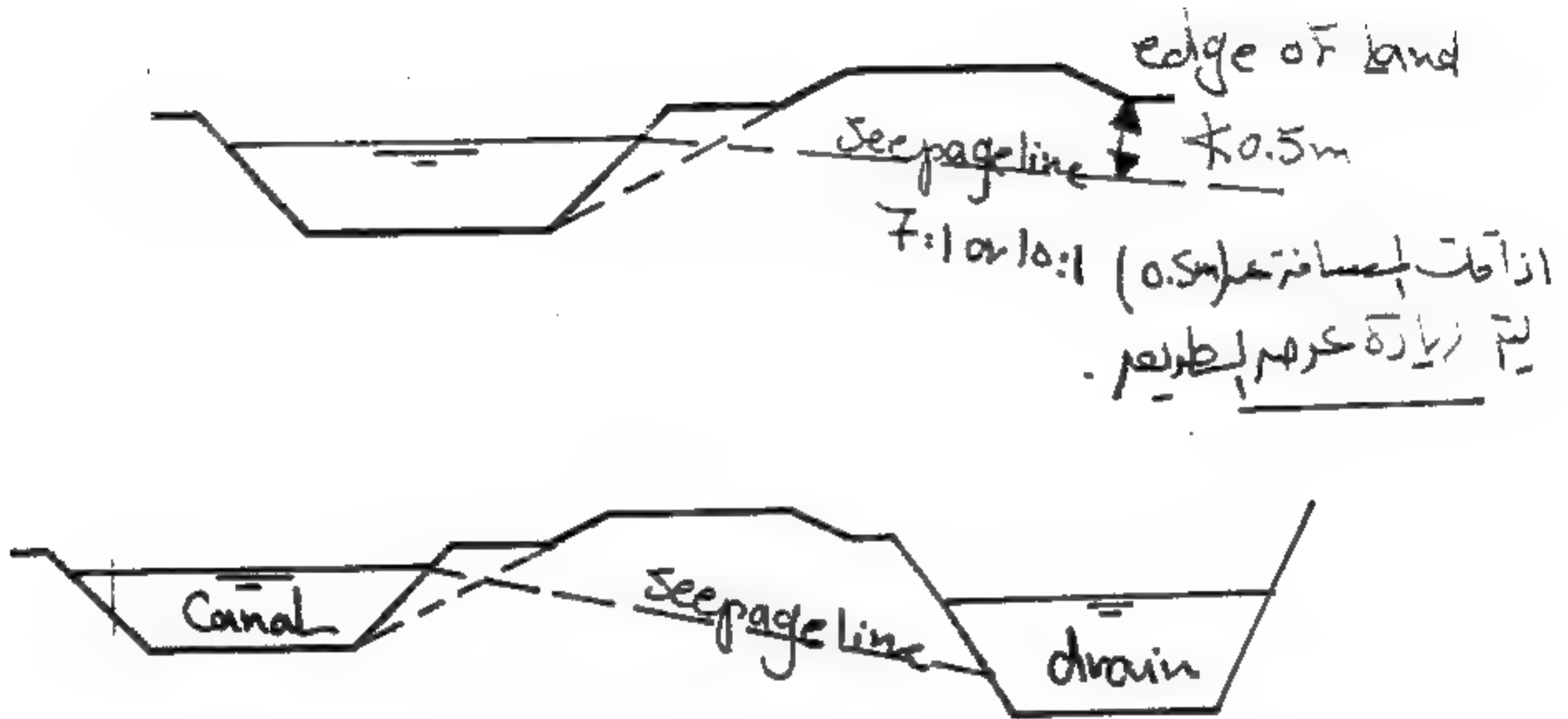




Seepage line: ميل خط الرشح

Clay 7:1

Sand 10:1



لابد أن ينتهي خط الرشح تحت منسوب أقل مستوي مياه في المصرف.

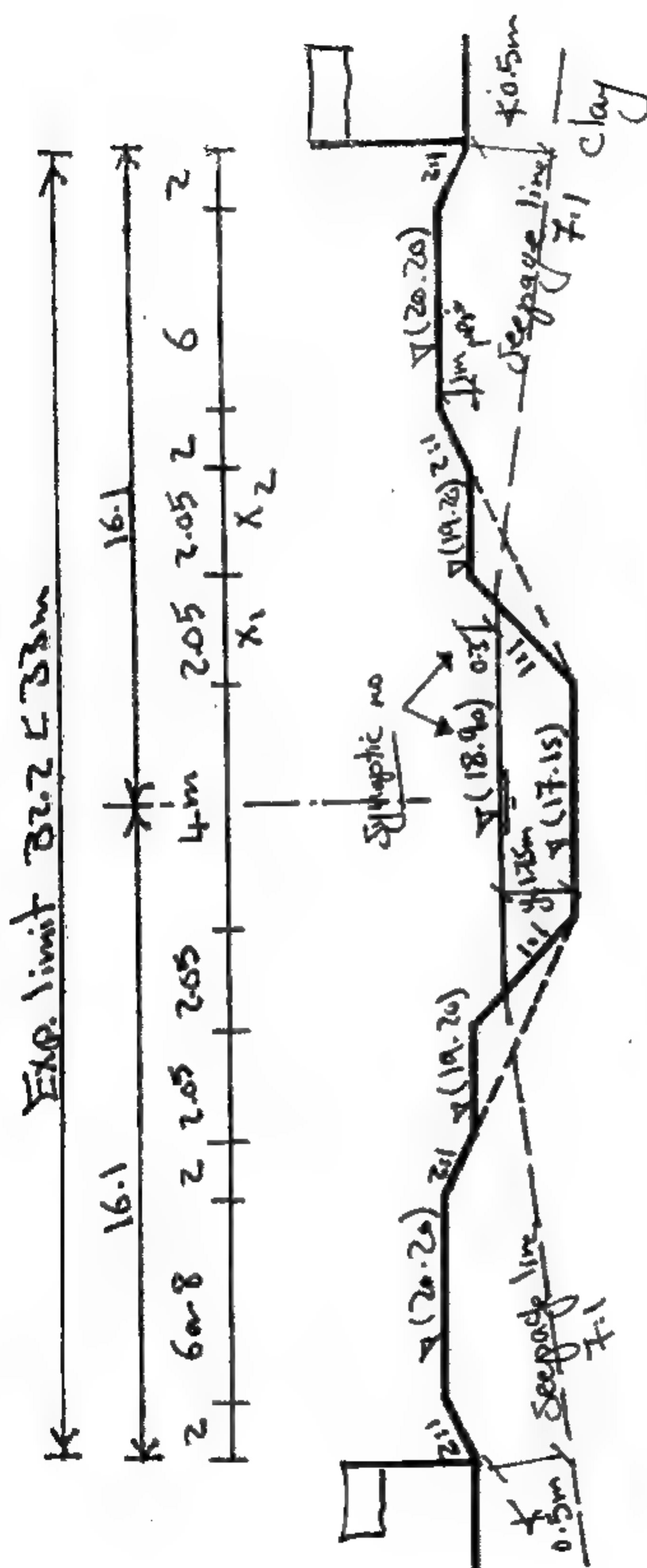
لابد من تثبيت قطاع المصرف أو التربة مسافة لا تقل عن 2 كم

عند تغيير القطاع يتم التغيير تدريجياً :

- لتقليل عرض القطاع (لا يقل الميل عن 50:1)

- لتقليل ارتفاع القاع (لا يقل الميل عن 100:1)

غالباً ما يكون منسوب (Berm) هو نفسه منسوب (L.L).



### Cross Section of Distribution Canal (C1)

At km (0.00)

Scale 1,100  
or 1:150

(ملفوظات)

Bed level = W.L. - y  
Berm level = W.L. + Free board  
Ergodic rx

$$\frac{1}{T} \ln(X) = \ln(17.1 - 31.1) \times 1 = 50.2$$

$$p_{\text{akt}} + p_{\text{vergrößerung}} = (\text{Bem}) (k_{\text{akt}} + k_{\text{vergrößerung}})$$

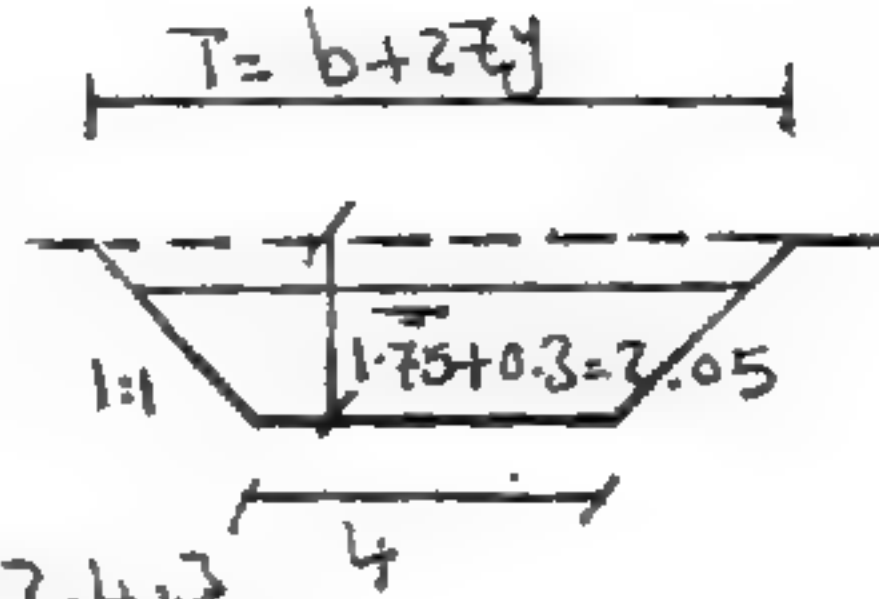
(منسوب لسطح عرضي لقطاع) \* (ميل تقبله ميل بعد)

$$2.502 = (1-2) * (17.15 - 19.26)$$

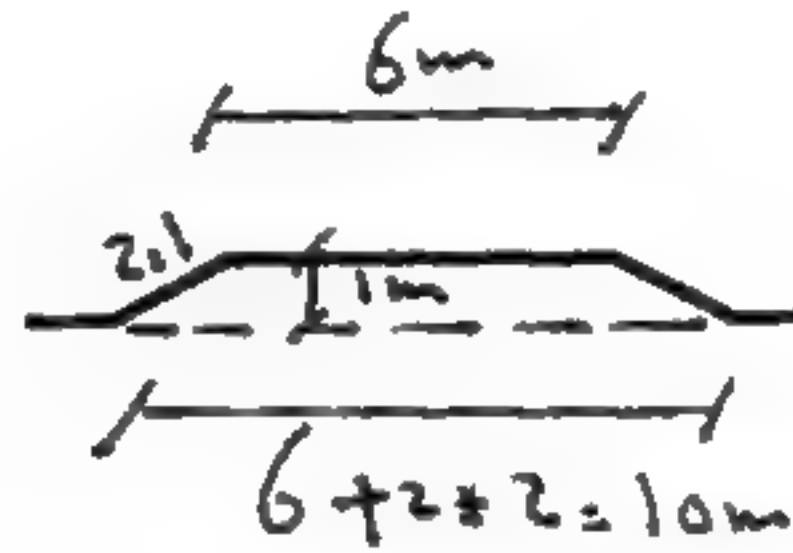


Cut الحفر

$$T = 4 + 2 \times 1 \times 2.05 = 8.1 \text{ m}$$



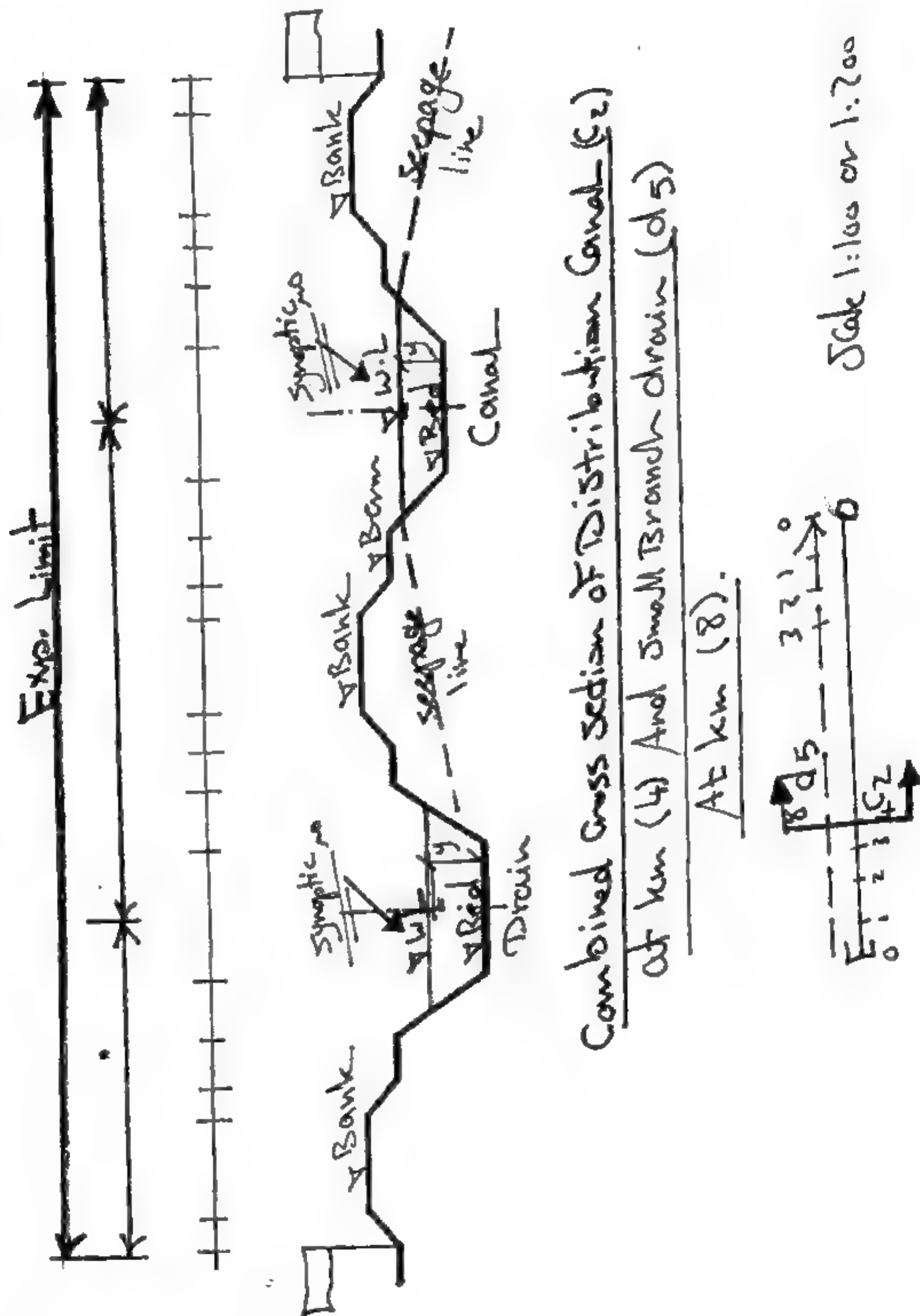
$$\text{Cut} = \left( \frac{8.1 + 4}{2} \right) \times 2.05 \times 1 = \underline{12.4 \text{ m}^3}$$

Fill الردم

$$\text{Fill} = 2 \times \left( \frac{6 + 10}{2} \right) \times 1 \times 1 = 16 \text{ m}^3$$

∴ كميات الردم اكبر من كميات الحفر :

Combined cross section



Combined cross section of Distribution Canal (C2)  
at km (4) And Small Branch drain (d5)

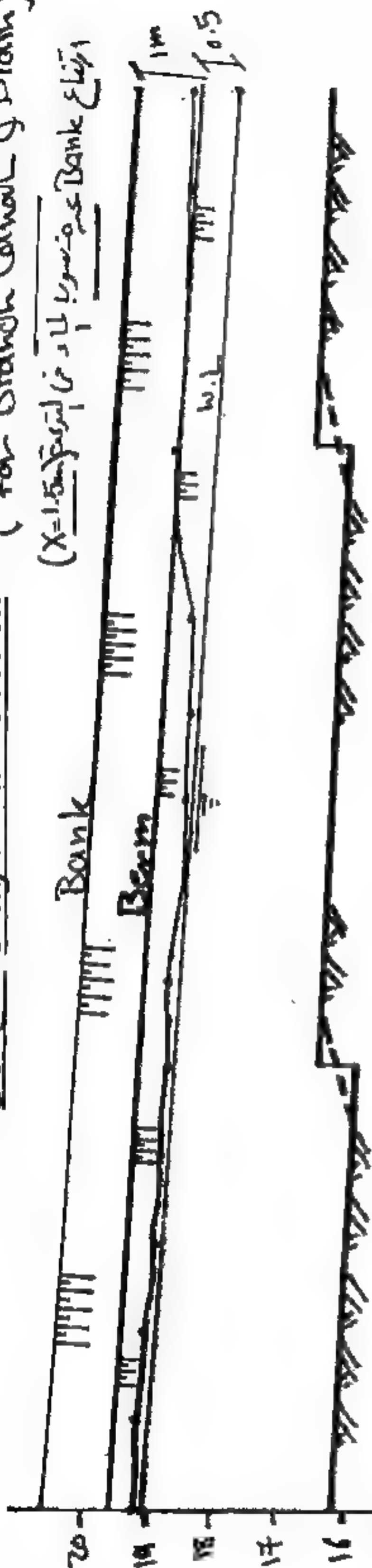
At km (8).

Scale 1:100 or 1:200



# Longitudinal section (For Branch Canal & Drain)

(X=1.5m) ارتفاع منسوب لاد في المرفق (X=1.5m) ارتفاع منسوب لاد في المرفق



K.M	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L.L	19.22	19.15	19.04	18.92	18.84	18.74	18.66	18.58	18.51	18.48	18.48	18.60	18.60	18.50	18.40	18.44	18.55
W.L	19.12	19.04	18.96	18.88	18.80	18.72	18.64	18.56	18.48	18.40	18.32	18.24	18.16	18.08	18.00	17.92	17.84
Section	(1)																
AS(F)	31128.2																
Q (m <sup>3</sup> /s)	25.2																
Y (m)	3 (فوق)																
Bed	16.12	16.04	15.96	15.88	15.80	15.72	15.64	15.56	15.48	15.40	15.32	15.24	15.16	15.08	15.00	14.92	14.84
Bed width	(b) 24.7m																
Slope	8 cm / km																
R.Bank width	20.62	20.54	20.46	20.38	20.30	20.22	20.14	20.06	19.98	19.90	19.82	19.74	19.66	19.58	19.50	19.42	19.34
Slope	8 cm / km																
L.Bank width	20.62	20.54	20.46	20.38	20.30	20.22	20.14	20.06	19.98	19.90	19.82	19.74	19.66	19.58	19.50	19.42	19.34
Slope	8 cm / km																

For Branch Canal

22

# Irrigation & Drainage Engineering

2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 13

ري



## Chapter (6)

### Farm Irrigation systems

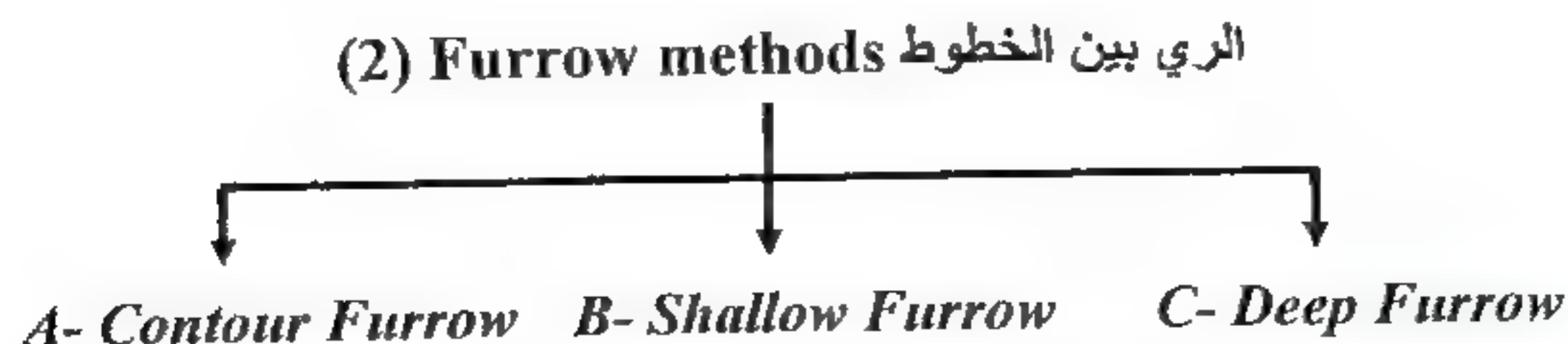
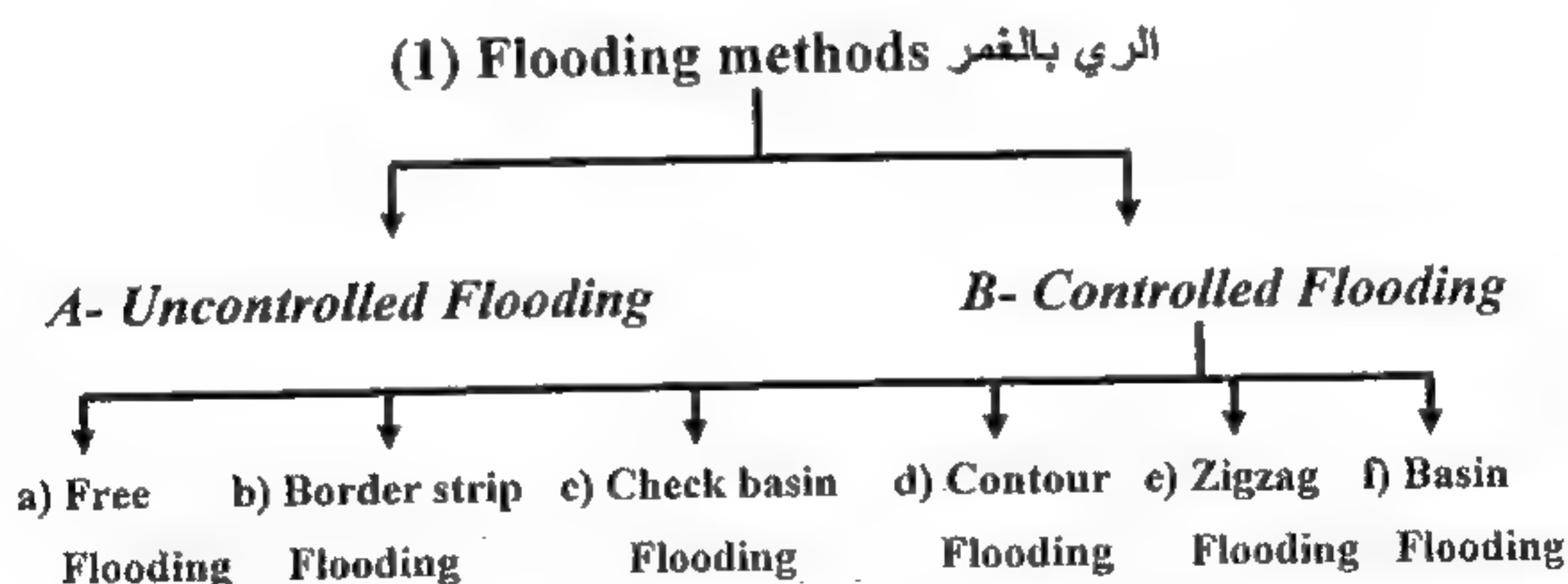
أساليب ري الحقول

توجد أربعة طرق أساسية للري :

- |                    |                        |
|--------------------|------------------------|
| 1- الري السطحي     | Surface irrigation     |
| 2- الري تحت السطحي | Sub-Surface irrigation |
| 3- الري بالرش      | Sprinkler irrigation   |
| 4- الري بالتنقيط   | Trickle irrigation     |

### أولاً : الري السطحي (Surface irrigation):

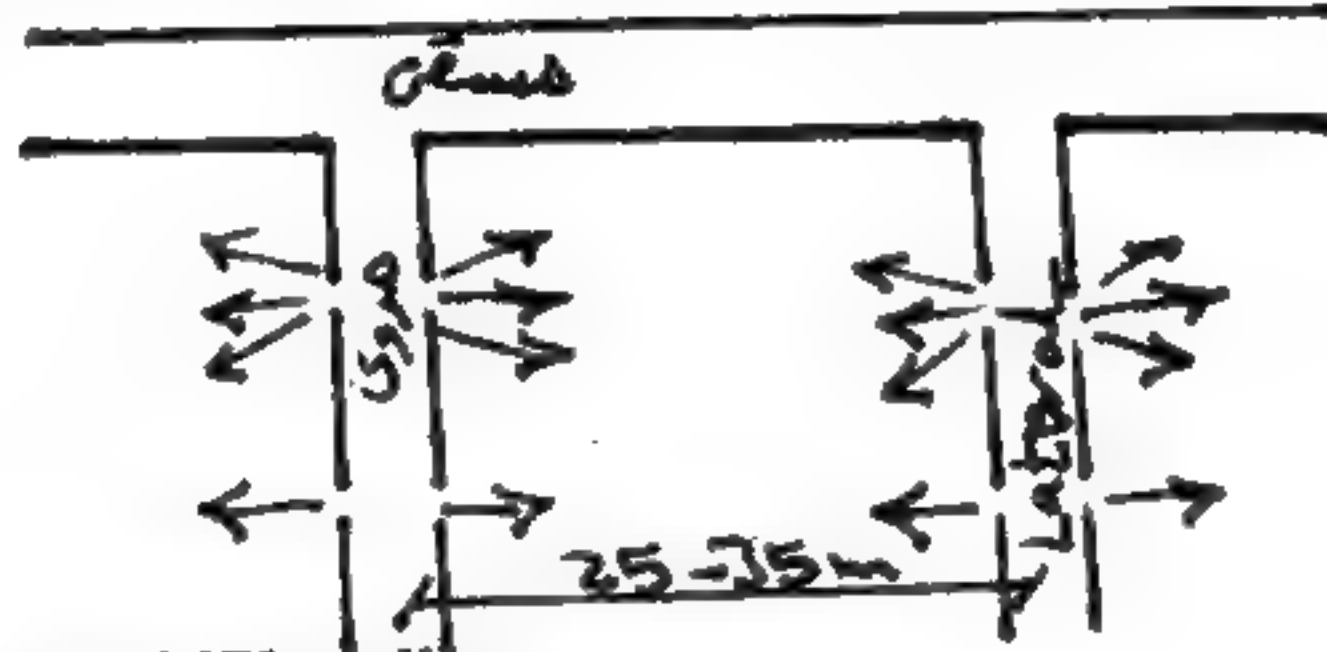
يعتبر أكثر طرق الري انتشاراً حيث يتم إضافة المياه إلى سطح الأرض لتغمرها وتنساب فوقها وذلك بعد أن يترشح جزء منها إلى باطن الأرض ، وينقسم الري السطحي إلى الأنواع الآتية :



### (1) Flooding methods الري بالغمر :

#### A- Uncontrolled Flooding (Wild Flooding): الغمر الحر :

في هذه الطريقة يتم عمل مراوي جانبية (Laterals) في اتجاه انحدار الأرض وتكون متفرعة من مسقى الحقل (Field Ditch) حيث تتدفق المياه من هذه المراوي لتغمر الأرض من خلال فتحات متقاربة في جوانب تلك المراوي.



#### B- Controlled Flooding:

حيث يتم التحكم في إعطاء المياه للتربة بأكثر من وسيلة كالآتي :

##### a) Free Flooding:

وهذه الطريقة شائعة عند وفرة مياه الري ورخص ثمنها وكذلك في حالة الأرض ذات ميل المتوسط حيث تقسم الأرض إلى أجزاء عرض كل جزء من 15م ← 60م ثم يتم توزيع المياه على الأرض من خلال مجرى مائي بحيث تروى الأجزاء المرتفعة أولاً ثم الأجزاء المنخفضة .

##### b) Border strip Flooding: غمر الشرائح الطولية :

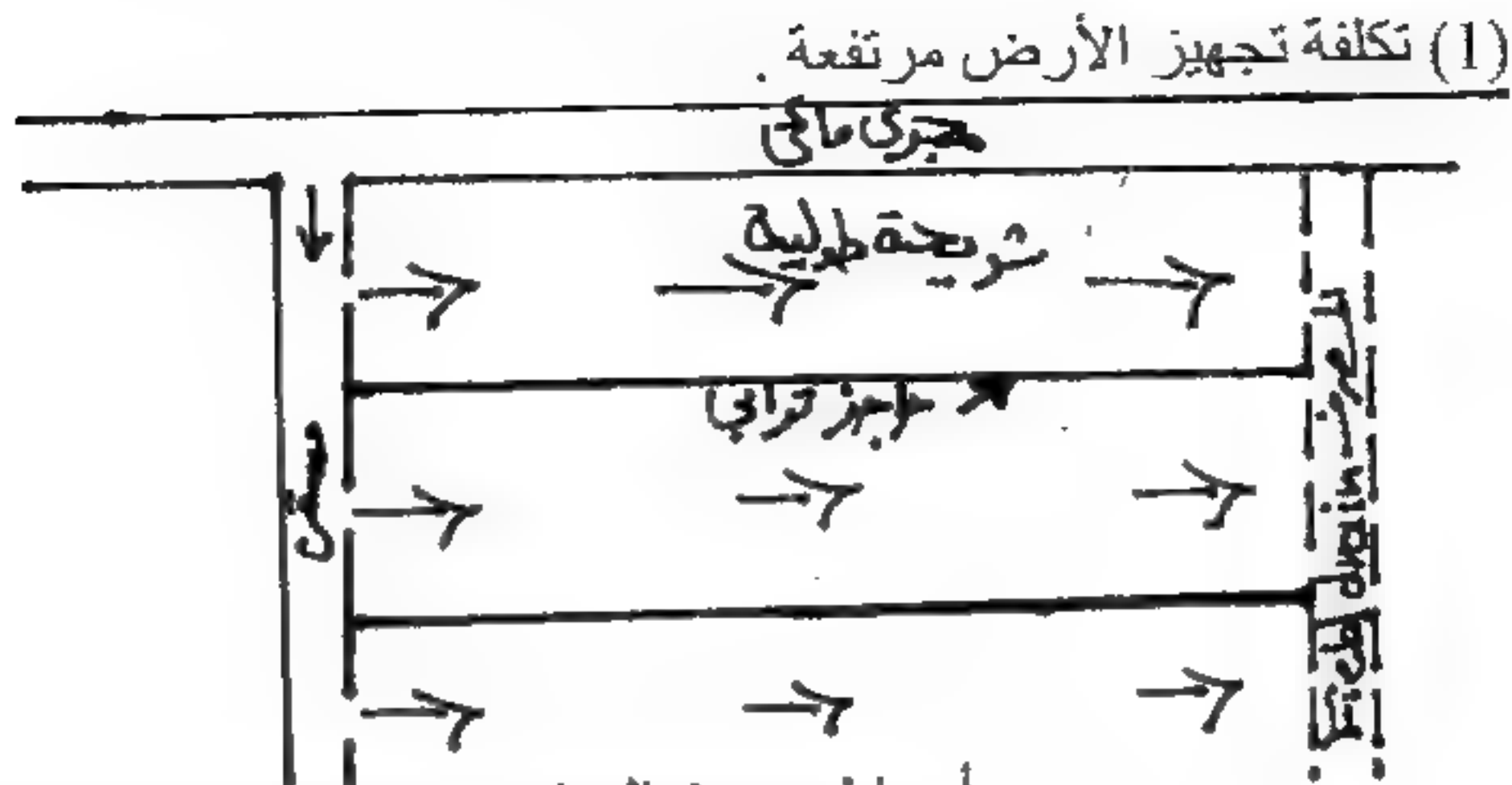
في هذه الطريقة تقسم الأرض إلى قطع طولية في اتجاه ميل الأرض باستخدام حواجز ترابية منخفضة (ridges) عمودية على خطوط الكنتور والمسافة بينها من 3م ← 15م ، أما طول الشريحة فيتراوح من 40م 500م ، ويتم عمل ميل طولي للشريحة في حدود 0.05 ← 0.5% .

مميزات تلك الطريقة :

(1) تحتاج عمالة ووقت طويل. (2) كفاءة عالية في استخدام المياه .



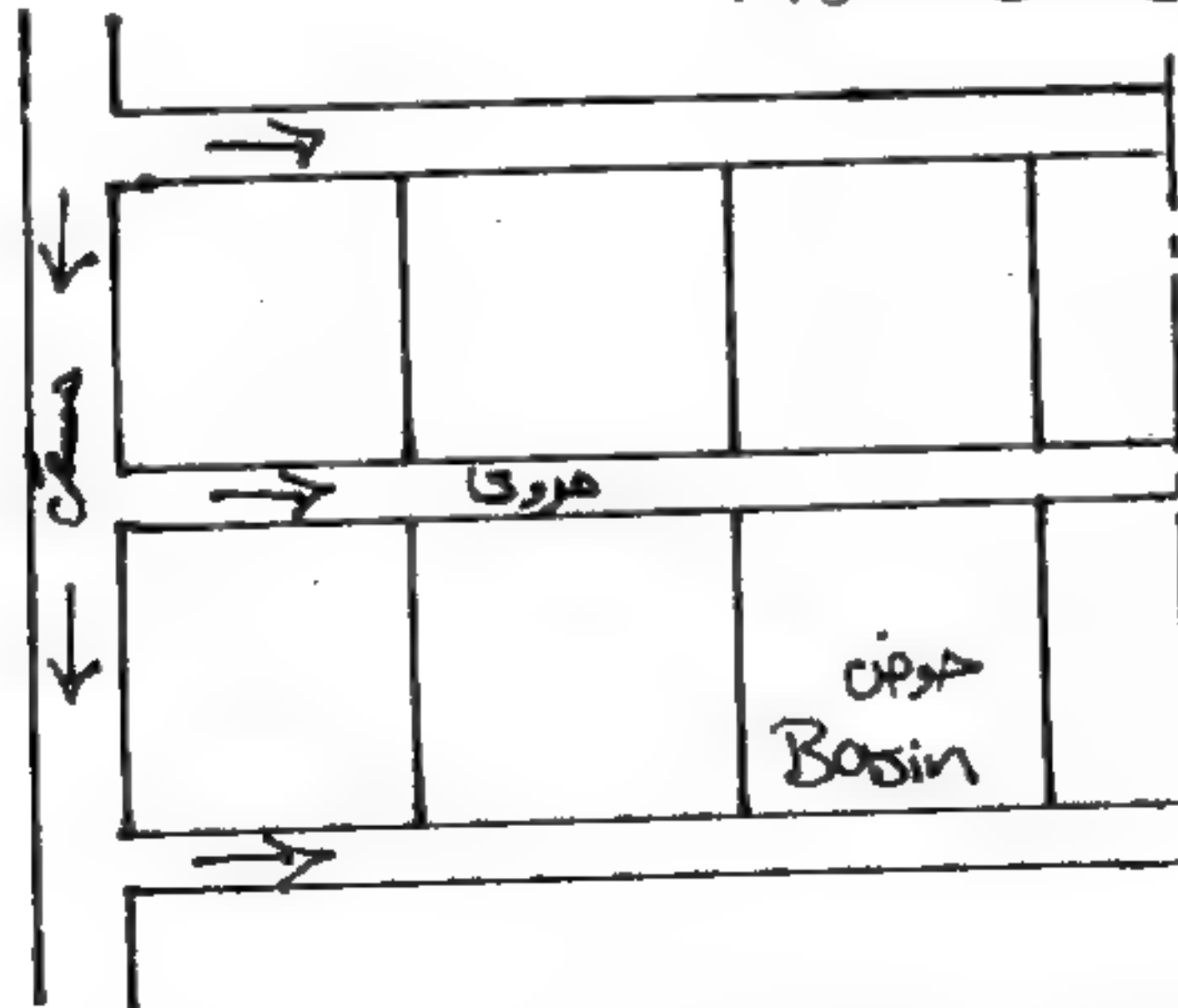
عيوب تلك الطريقة :



### c) Check basin Flooding: أحواض حجز المياه

حيث يتم تقسيم الأرض إلى قطع مستطيلة أو مربعة أو غير منتظمة تتراوح أبعادها من (2\*3m) إلى (30\*30m) أو أكثر باستخدام حواجز ترابية (levees) مرتفعة نسبياً حوالي (25-30سم) في اتجاه خطوط الكنتور .

وتعتبر هذه الطريقة مناسبة بوجه خاص للتربة قليلة النفاذية ( impermeable soil ) حيث تسمح للمياه بالبقاء فوق سطح التربة أطول فترة ممكنة إلى أن تتوغل المياه في التربة إلى العمق المطلوب .



مميزات هذه الطريقة Advantages :

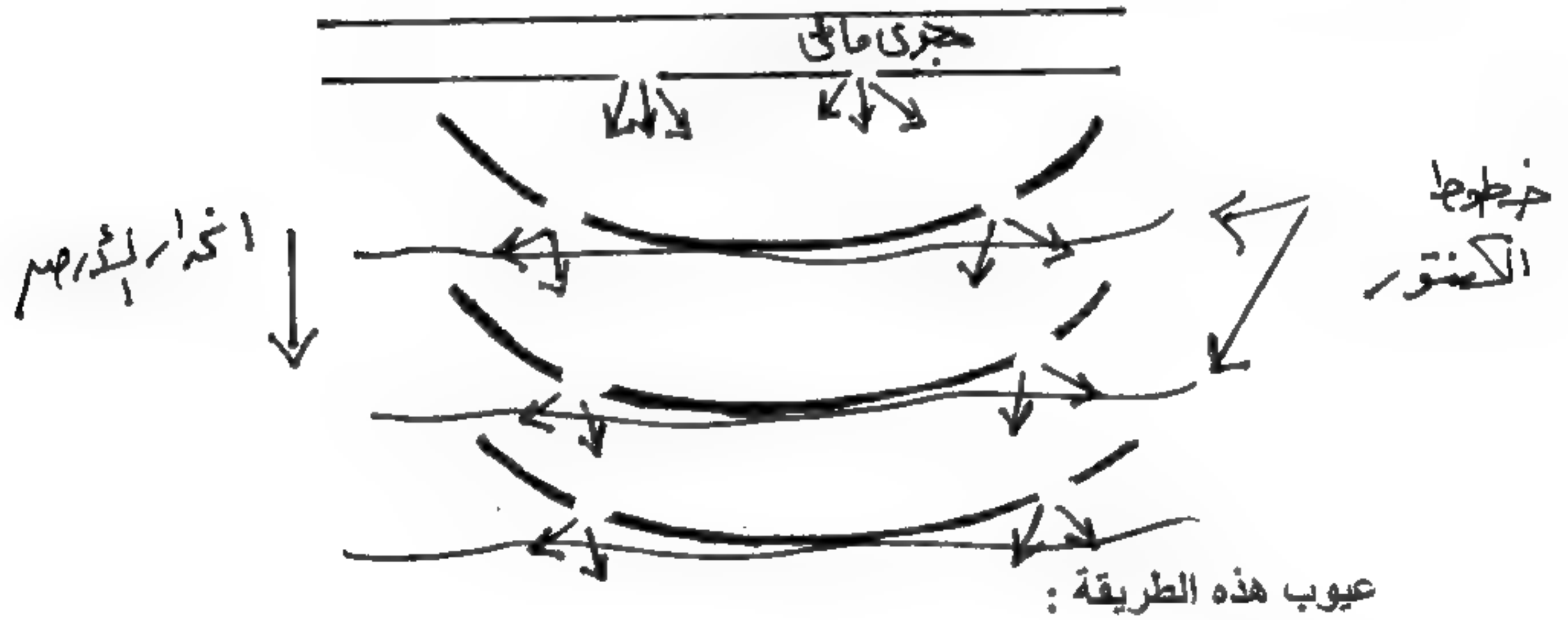
(1) كفاءة الري عالية. (2) تعمل على غسيل التربة من الأملاح. (3) لا تحتاج عمالة مدربة حيث لا توجد خطورة من احتمال جريان المياه في كل الجوانب.

### عيوب هذه الطريقة : Disadvantages :

(1) تحتاج عدد كبير من العمال. (2) مكلفة. (3) الحواجز تشكل عائق لاستعمال الميكنة.

#### d) Contour Lateral Flooding: طريقة الحواجز الكنتورية

تعتبر أنسب طريقة لري الأراضي شديدة الانحدار (steep slope) حيث يتم تقسيم الأرض باستخدام عدد كبير من الحواجز الترابية الموازية لخطوط الكنتور وتتدفق المياه من فتحات عبر هذه الحواجز الترابية لري الأرض حيث يتم ري الأرض المرتفعة أولاً ومنها إلى الأقل ارتفاعاً.



(1) التكلفة الكبيرة. (2) تعتبر غير مناسبة إذا أمكن استخدام طريقة أخرى كالري بالرش مثلاً.

#### e) Zigzag Flooding:

هذه الطريقة مناسبة للأراضي المستوية نسبياً ولكنها تعوق استخدام المعدات الزراعية.

وفي هذه الطريقة يتم تقسيم الأرض إلى قطع مستطيلة أو مربعة الشكل وتقسيم كل قطعة إلى قطع أصغر حيث تدخل المياه إلى الأرض من أعلى منطقة فيها وتتحرك في مسار دائري حتى تصل إلى أقل منطقة في الأرض.

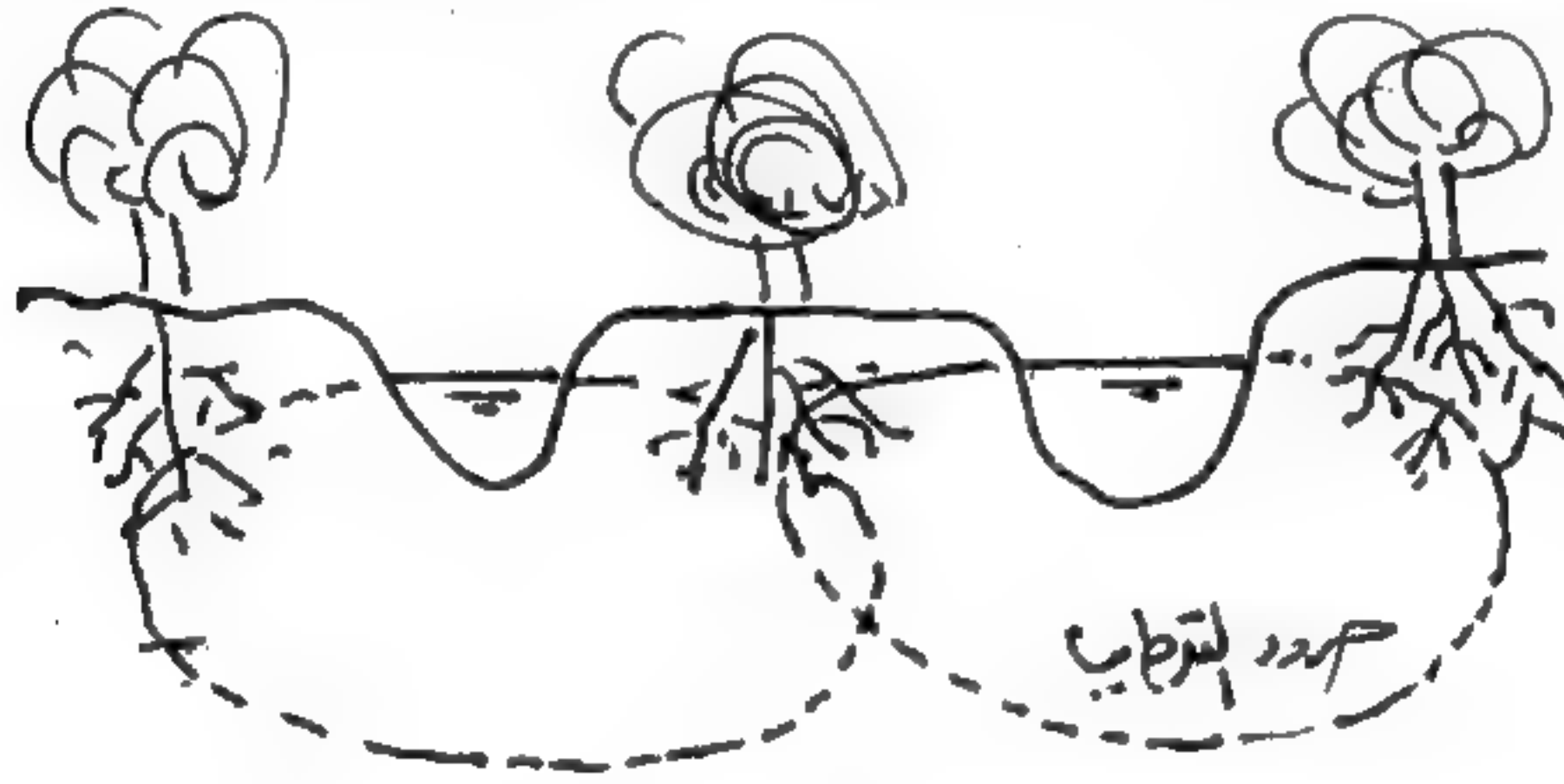


### f) Ring Basin Flooding: طريقة غمر الأحواض

هذه الطريقة مناسبة تمامًا لري الحدائق (orchards) وخاصة ذات الأرض الأفقية حيث تقسم الأرض إلى قطع "أو أحواض" مستطيلة أو مربعة وكل قطعة أو حوض تشتمل على شجرة أو أكثر ويتم غمر هذه الأحواض من فتحات على المراوي التي تشق في إتجاه عمودي على مستوى الحقل.

### (2) Furrow methods الري بين الخطوط

تستخدم هذه الطريقة للمحاصيل التي تزرع على خطوط مثل القطن وبعض أنواع الخضراوات وأشجار الفاكهة، حيث يتم حفر قنوات ضحلة بين الخطوط بعمق 15 ← 20 سم وعرض 25 ← 30 سم من أعلى وميل 0.1 % في الإتجاه الطولي.



ويمكن حساب كمية المياه التي تتدفق في القناة من المعادلة الآتية :

$$Q = \frac{0.6}{\text{Slope}} \dots \text{lit / sec}$$

كما يمكن حساب سمك طبقة المياه اللازمة للري كل ساعة من المعادلة الآتية :

$$D = \frac{Q * 3600}{S * L} \dots \text{Cm / hour}$$

Where: Q = Discharge ..... lit/sec.

S = Furrow spacing ... m المسافة بين الخطوط

L = Furrow length irrigated in one hour ... m

### مميزات الري بين الخطوط :

- (1) فواقد المياه المتبخرة قليلة حيث يتم غمر حوالي خمس مساحة الأرض فقط بالمياه .
- (2) الخطوط تعمل على تصريف المياه السطحية في حالة المياه الغزيرة .
- (3) لتوفير مساحة الأرض المزروعة حيث لا يتم عمل مصارف حقلية (ditches) .
- (4) كفاءة عالية في استخدام المياه .

### عيوب الري بين الخطوط :

- (1) لا ينصح باستخدام تلك الطريقة في التربة الخفيفة عالية المسامية حيث تتسرب المياه بسرعة إلى الأعماق قبل أن تصل إلى جذور النبات .
- (2) طريقة غير إقتصادية بسبب العمالة المكلفة .

### ويمكن تقسيم الري بين الخطوط إلى الأنواع الآتية :

#### ***A- Contour Furrow:***

ويناسب هذا النوع الأراضي شديدة الانحدار حيث تنشأ الخطوط بمحاذاة خطوط الكنتور .

#### ***B- Shallow Furrow (Corrugation Method):***

وفي هذه الطريقة تنحدر المياه في اتجاه ميل الأرض خلال قنوات متماوجة (Corrugated) بين الخطوط عمقها حوالي 10 سم والمسافة بينها من 40 ← 75 سم .

وهذه الطريقة تكون مناسبة للتربة الناعمة والمتوسطة الخشونة ، وعموماً كلما زادت خشونة التربة (أي زادت نفاذيتها) كلما قلت المسافة بين الخطوط .



**C- Deep Furrow:**

في هذه الطريقة يكون عمق القنوات بين الخطوط من 15 ← 30 سم والمسافة بينها من 1 ← 2 م وهي تناسب الحدائق (orchards) وقصب السكر (Sugarcane).

**ثانيًا : الري تحت السطحي (الباطني) Subsurface irrigation**

في هذا النوع من الري يتم المحافظة على منسوب سطح المياه الجوفية على عمق معين من سطح الأرض (من 30 ← 75 سم) للحفاظ على الدرجة المناسبة للرطوبة الأرضية في منطقة انتشار جذور النبات وذلك بإمرار المياه في قنوات حقلية (Field canals) أو حقلية (Laterals) مدفونة تحت سطح الأرض .

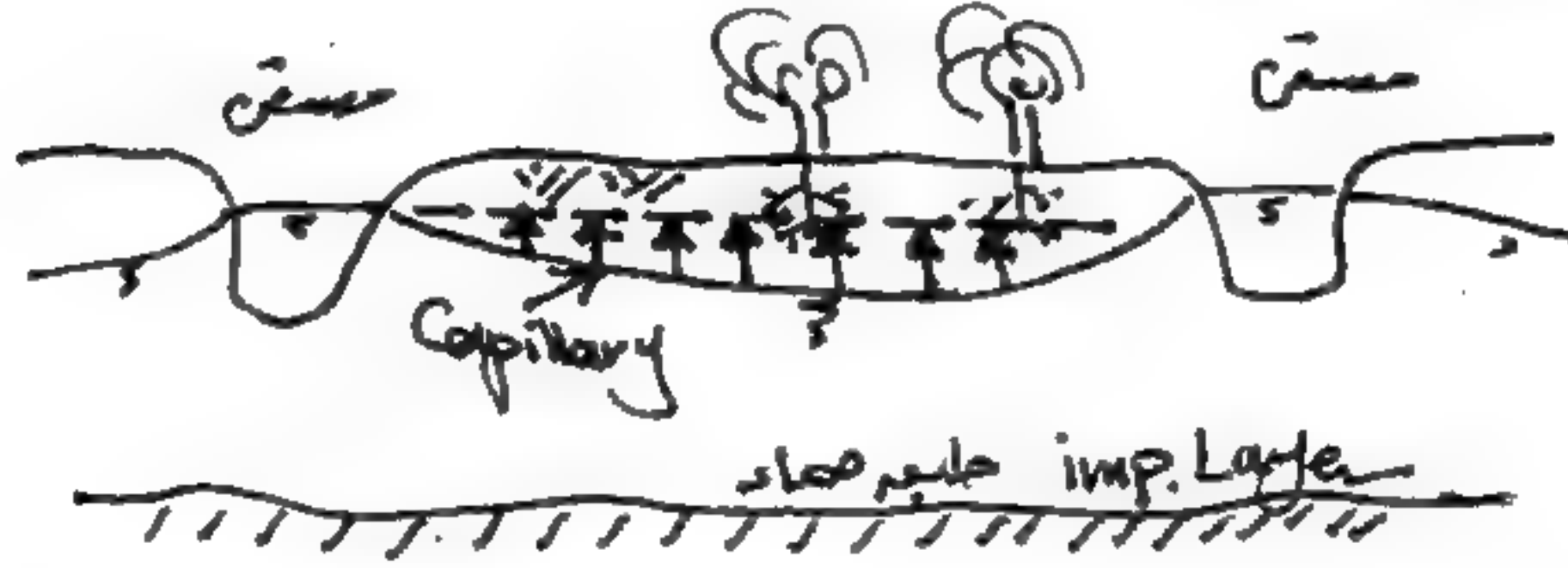
**متطلبات إنشاء نظام ري تحت سطحي :**

- 1- وجود طبقة منفذ للمياه تحت سطح التربة مباشرة حتى تسمح بحرية حركة سريعة للمياه في الاتجاه الأفقي والرأسي .
- 2- وجود طبقة غير منفذة للمياه على عمق 2 ← 3 م تحت سطح الأرض لمنع الهروب السريع للمياه إلى الطبقات العميقة .
- 3- أن تكون الأرض مستوية أو ذات ميل خفيف .
- 4- أن تكون المياه المستخدمة في الري من النوع الجيد حتى لا تتسبب في تكون أملاح بالتربة .
- 5- أن يكون منسوب الماء الجوفي في الأرض على بعد 2 ← 3 م تحت سطح الأرض .
- 6- التخطيط الجيد لشبكة الري تحت السطحي لضمان المحافظة على منسوب سطح الماء الجوفي بشكل منتظم تحت سطح التربة في الأرض كلها .

### وينقسم الري تحت السطحي إلى طبيعي وصناعي :

#### (1) الري تحت السطحي الطبيعي : Natural subsurface irrigation

حيث يتم تغذية الخزان الجوفي باستمرار عن طريق رشح المياه من قنوات مائية ، وهذه الطريقة مناسبة في حالة الأراضي المنخفضة حيث منسوب سطح الماء الجوفي مرتفع وقريب من منطقة الجذور.



#### (2) الري تحت السطحي الصناعي : Artificial subsurface irrigation

حيث يتم وضع شبكة من المواسير المثقبة على عمق حوالي 40 ← 50 سم تحت سطح الأرض تسير فيها المياه تحت ضغط مناسب والمسافة بين كل ماسورة وأخرى من 1 ← 2 م وتتسرب المياه خلال الثقوب إلى التربة .

وعلى الرغم من أن هذه الطريقة توفر في مساحة الأرض الزراعية التي كانت تستخدم في عمل المساقى ، كما أنها ذات كفاءة كبيرة في الري إلا أنها مكلفة جدًا كما أنها تحتاج إلى صيانة مستمرة حتى لا تتعرض المواسير للإنسداد .

#### مميزات هذه الطريقة Advantages :

- 1- التوفير في كميات المياه المستخدمة.
- 2- فواقد المياه المتبخرة قليلة.
- 3- زيادة إنتاجية المحاصيل.
- 4- لتوفير مساحة الأرض.
- 5- سهولة حركة المعدات والماكينات على سطح الأرض.



6- سهولة القيام بالعمليات الزراعية في اي وقت وعدم الانتظار لنهاية فترة الري.

**عيوب هذه الطريقة : Disadvantages :**

1- لا تصلح هذه الطريقة لجميع انواع الاراضي ولذلك يجب دراسة الأرض جيداً قبل تنفيذ هذه الطريقة.

2- توجد احتمالية حدوث تطبيل للأرض (Water logging).

3- تحتاج إلى صيانة مستمرة حتى لا تتعرض المواسير للإنسداد.

4- التكلفة عالية.

23  
Jim

# Irrigation & Drainage Engineering

2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 14

ري



## Chapter (7) Sprinkler Irrigation

### الري بالرش

نظام الري بالرش مستمد من فكرة الري الطبيعي علي الأمطار وهو مبني علي أساس تساقط المياه من الرشاشات علي صورة رذاذ علي الأرض وذلك بأقل فاقد ممكن عن طريق التسرب أو الجريان السطحي .

#### مدى صلاحية نظام الري بالرش : Adaptability of sprinkler irrigation

- 1- يصلح نظام الري بالرش لمعظم أنواع المحاصيل باستثناء محصول الأرز.
- 2- يصلح لمعظم أنواع التربة الزراعية وذلك لتعدد أنواع الرشاشات وتصرفاتها.
- 3- يصلح لجميع الأراضي المختلفة التضاريس بدون الحاجة لعمل تسوية للأرض.
- 4- يصلح لمعظم الظروف المناخية باستثناء الأماكن التي تتعرض لرياح شديدة ودرجات حرارة عالية.

#### مميزات الري بالرش : Advantages of sprinkler irrigation

- 1- التوفير في مساحة الأرض الزراعية .
- 2- التوفير في كميات المياه المستخدمة للري .
- 3- تقليل فاقد المياه بالصرف السطحي والتسرب وبالتالي الإستغناء عن إنشاء شبكات الصرف .
- 4- يمكن الاستغناء عن عمليات تسوية الأرض.
- 5- اضافة الأسمدة والكيماويات بصورة منتظمة.

6- القضاء علي الحشرات والآفات التي كانت تتواجد في أماكن المساقى والمصارف الحقلية.

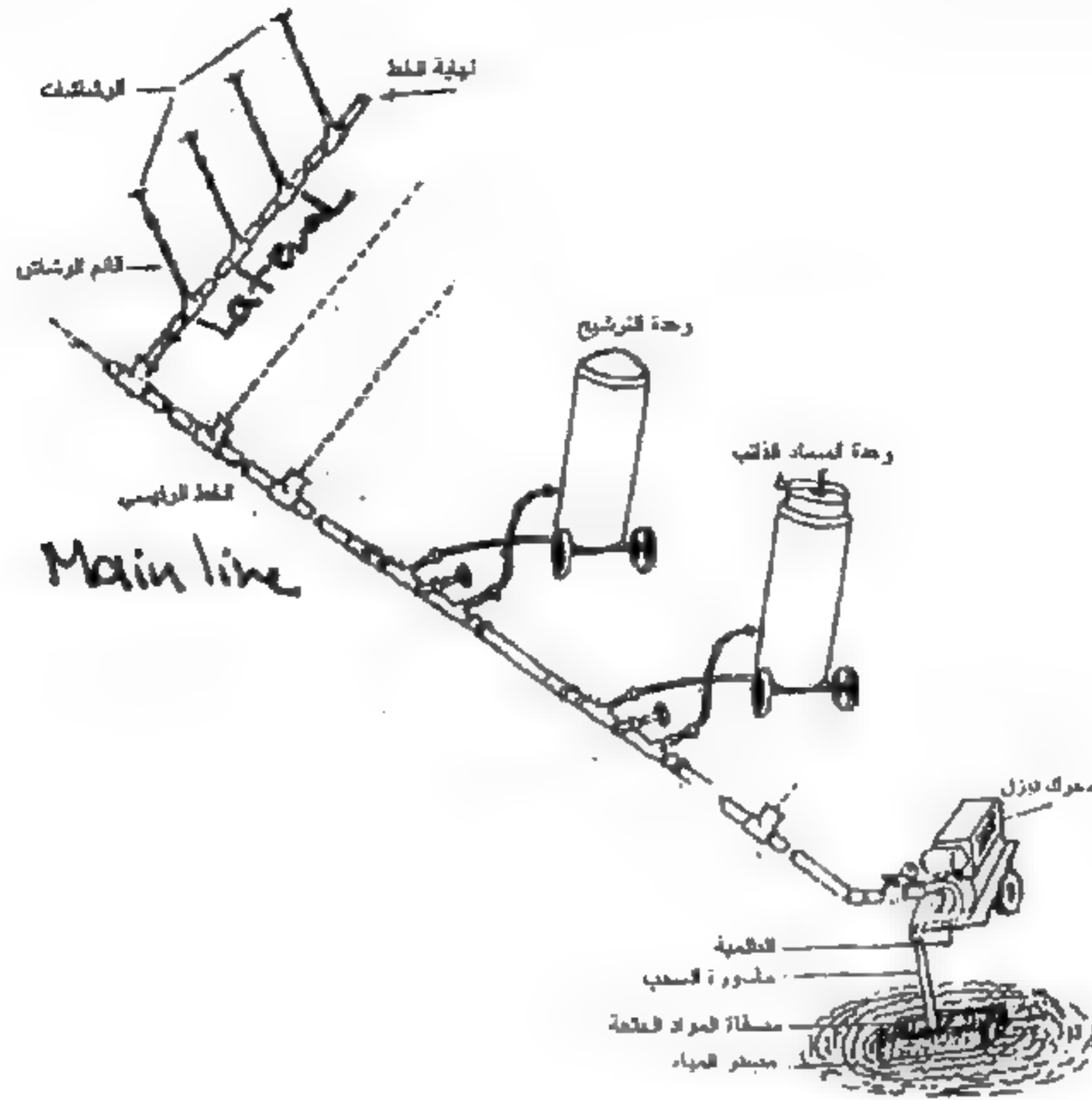
### عيوب الري بالرش : Disadvantages of sprinkler irrigation

- 1- التكلفة الأولية في نظام الري بالرش مرتفعة .
- 2- الري بالرش غير ملائم للأماكن التي تتعرض لرياح شديدة .
- 3- لا تصلح في المناطق ذات درجات الحرارة العالية لزيادة البخر.
- 4- يحتاج لطاقة كهربائية كبيرة للتشغيل.
- 5- يحتاج لعمالة مدربة.

### مكونات شبكة الري بالرش :- Layout of sprinkler irrigation system

- 1- مصدر المياه .
- 2- ماسورة السحب.
- 3- الطلمبة.
- 4- خطوط المواسير الرئيسية "main" وأحياناً الفرعية "sub-main" والطياري أو النقالى "lateral"
- 5- وحدة اذابة السماد ووحدة ترشيح المياه.
- 6- الرشاشات "sprinkler"
- 7- المحابس "valves" والوصلات.





### أنواع شبكات الري بالرش: Types of sprinkler systems

#### 1- شبكات الري بالرش الثابتة

##### Stationary (solid set) (permanent) system

وفيه تكون كل أجزاء شبكة الري بالرش ثابتة ويعتبر هذا النوع عالي التكاليف.

#### 2- شبكات الري بالرش النصف ثابتة أو النصف متحركة

##### Semi-portable system

وفيه تكون الطلمبة والخطوط الرئيسية لنظام الري ثابتة ويمكن نقل الخطوط الفرعية والنقالي والرشاشات.

#### 3- شبكات الري بالرش المتنقلة Fully portable Hand move systems

وفيه يمكن نقل نظام الري بالرش من مكان لآخر وذلك لتوفير تكاليف الإنشاء.

### The most common types of sprinklers

#### أنواع الرشاشات

#### 1- Perforated pipe system

عبارة عن مجموعة من الثقوب (holes) توجد في المواسير النقالية (Lateral) يتم من خلالها توزيع الماء على الأرض.

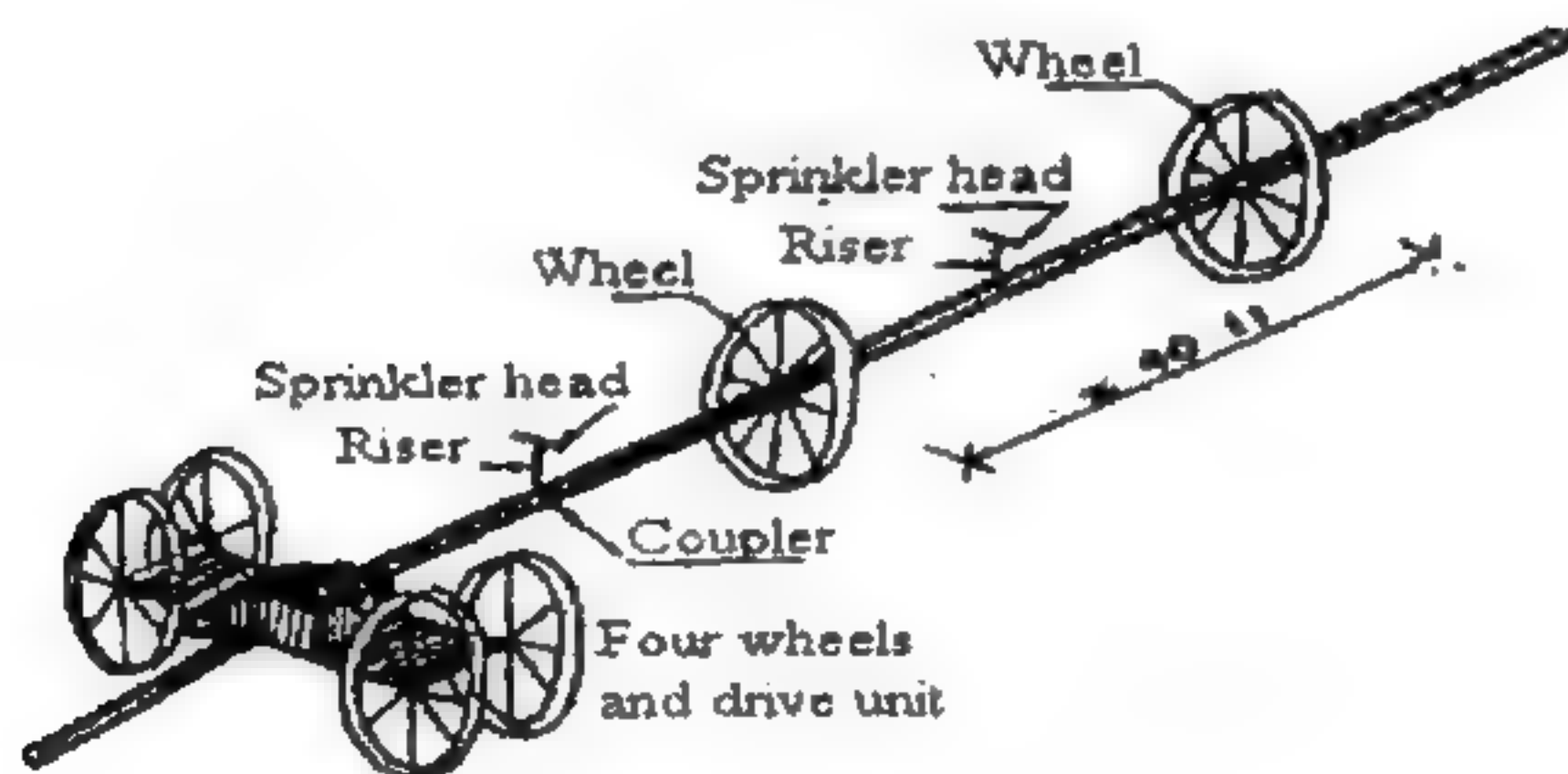
#### 2- Rotating head (revolving sprinkler) system

يتم تركيب رشاشات وهي عبارة عن فتحات (nozzles) تثبت على قائم رأسي (riser pipe) مثبت في الماسورة النقالية (Lateral). فتحات الرشاش تدور لتوزع المياه في جميع الاتجاهات.

### Mobile Sprinkler Machines

#### 1- Side wheel roll system:

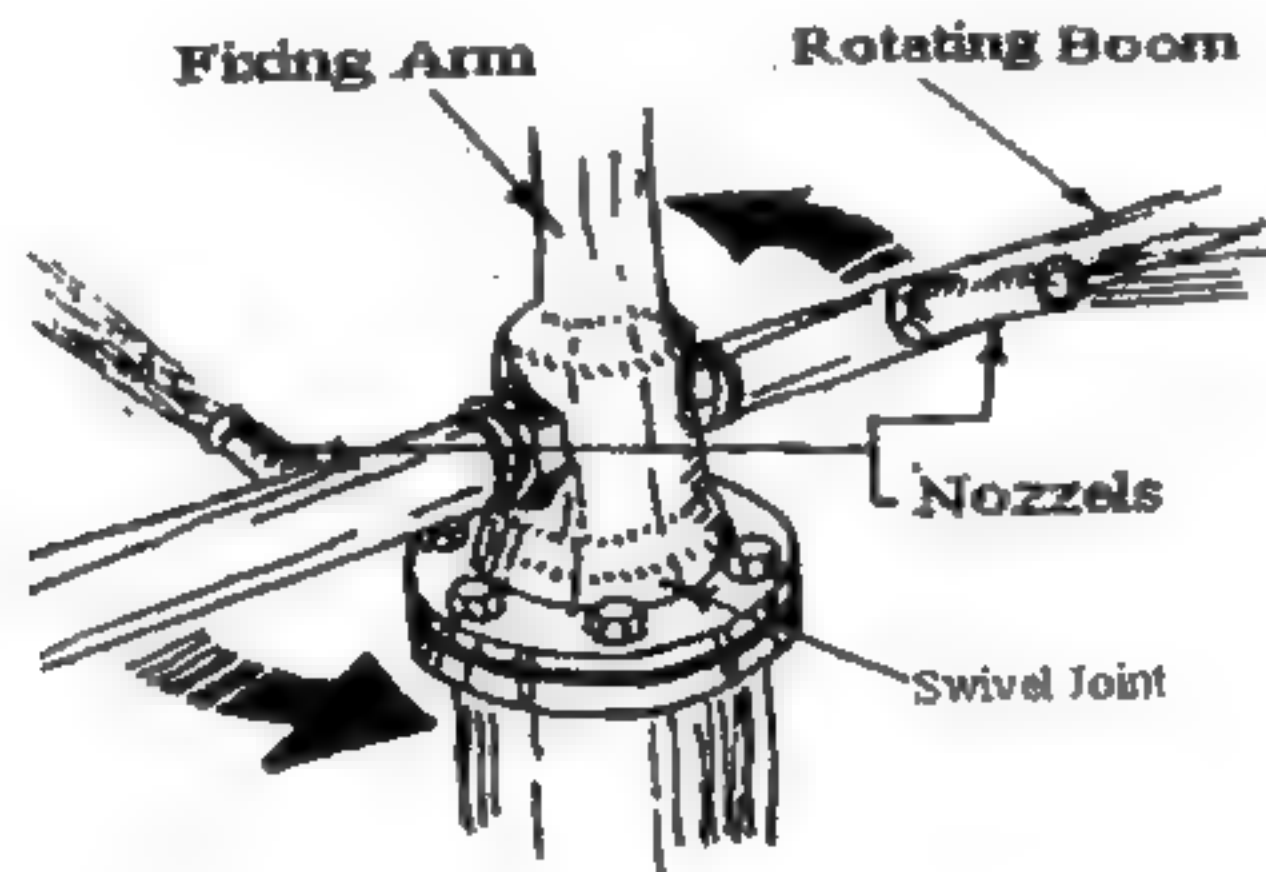
يتم تحريك النظام عن طريق (four wheels and drive unit) مثبتة على جانبي الخط النقالية. ويستغل هذا النظام في ري أكبر مساحة ممكنة. ويصلح في الزراعات المنخفضة الارتفاع وللأراضي المستطيلة الشكل.





**2- Boom sprinkler system:**

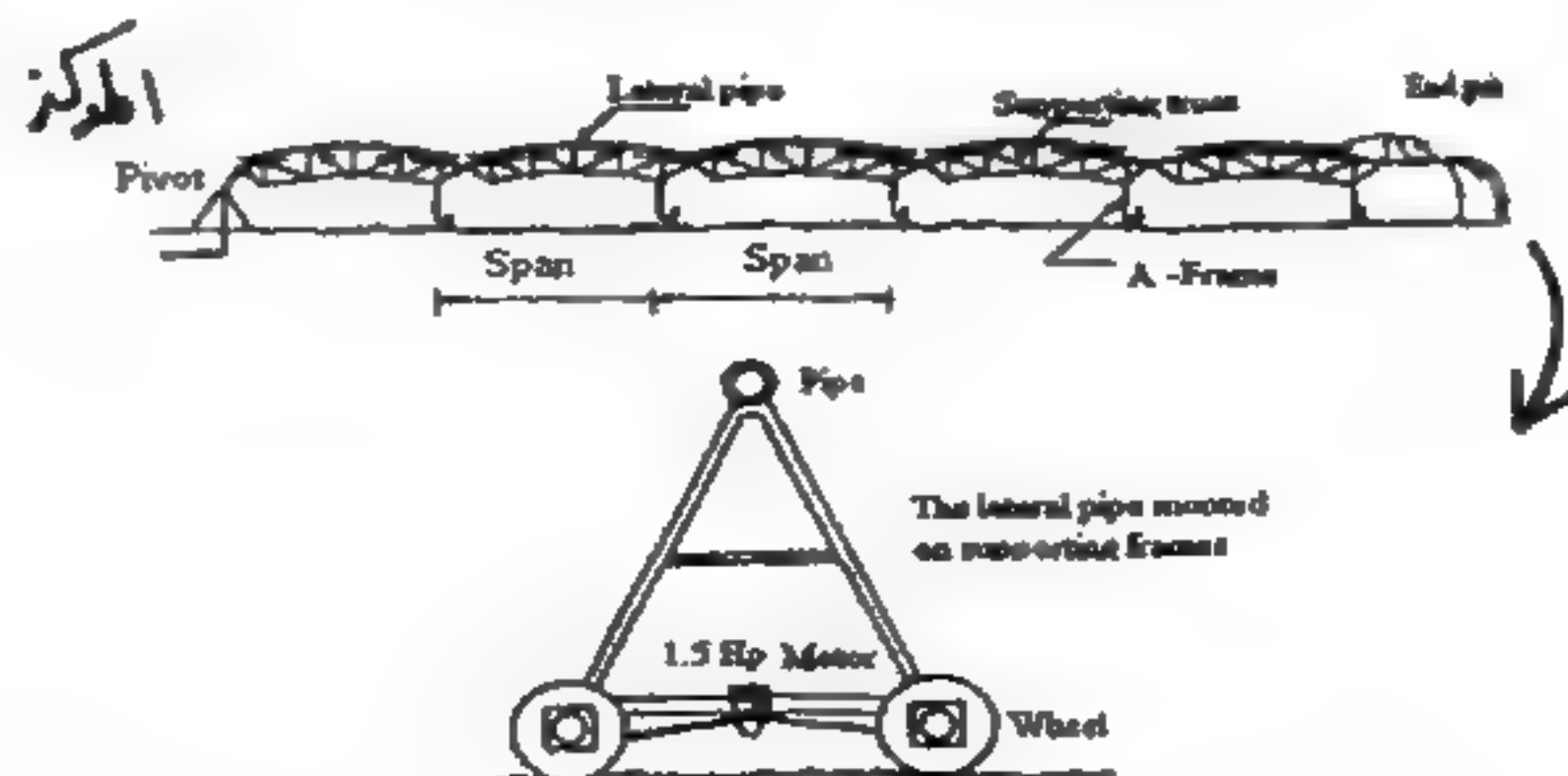
يتكون هذا النظام من ماسورة ممتدة عدة أمتار ومحمولة من منتصفها على قائم رأسي وعلى امتداد تلك الماسورة تثبت الرشاشات بالتباعد المطلوب وهذه الماسورة تدور حول محور القائم الرأسي حيث ينتشر رذاذ الرشاشات في دائرة مركز هذا القائم الرأسي وبعد الانتهاء من عملية الري يتم نقل القائم الرأسي الحامل للماسورة إلى موقع آخر باستخدام جرار زراعي .

**3-Traveling Gun sprinkler system:**

عبارة عن رشاش واحد محمول على مركبة تتحرك من مكان لآخر وهذا الرشاش يتميز بأنه يعمل تحت ضغط مرتفع وبالتالي يستطيع ري مساحة كبيرة من الأرض .

**4-Center pivot sprinkler system:**

يتكون من ماسورة نقالي بطول كبير مثبت عليها الرشاشات و هذا النظام يركب على (Truss) ويدور حول مركز هو أحد ركني (Truss).



Design steps for semi-portable irrigation system

Mainline ← ثابت  
Lateral Sprinkler ← متحرك

تصميم شبكة الري بالرش النصف متحركة

1) Net water requirement (N.W.R)

ما من احتياج — ماء

$$N.W.R = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \cdot D \cdot ML \cdot (F_c - w.p.)$$

$$= A_s \cdot D \cdot (RAM)$$

→

D: depth of root zone (mm) عمق منطقة الجذور

F<sub>c</sub>: Field Capacity.

w.p.: Wilting point. (water content)

A<sub>s</sub>: Apparent specific gravity.

RAM: Readily available Moisture.

الرطوبة المتاحة بسهولة.

2) Gross water requirement (G.W.R)

الاحتياج إجمالاً للمياه

$$G.W.R = \frac{N.W.R (mm)}{\text{Efficiency كفاءة الري}}$$



### 3) Period between two successive watering (T)

الفترة الزمنية بين ريّين متتاليين

$$T = \frac{N.W.R \text{ (mm)}}{C_u \text{ (mm/day)}} \text{ day.}$$

$C_u$ : Consumptive use الاستهلاك المائي للنبات

$T_{actual}$  أقرب لأقرب رقم صحيح

### 4) Available Number of days for irrigation. (working days).

$$T_{available} \leq T_{actual}$$

### 5) Select sprinkler spacing ( $S_s$ ) & Number of sprinklers ( $n_s$ )

حساب المسافات بين الرشاشات وعدد الرشاشات.

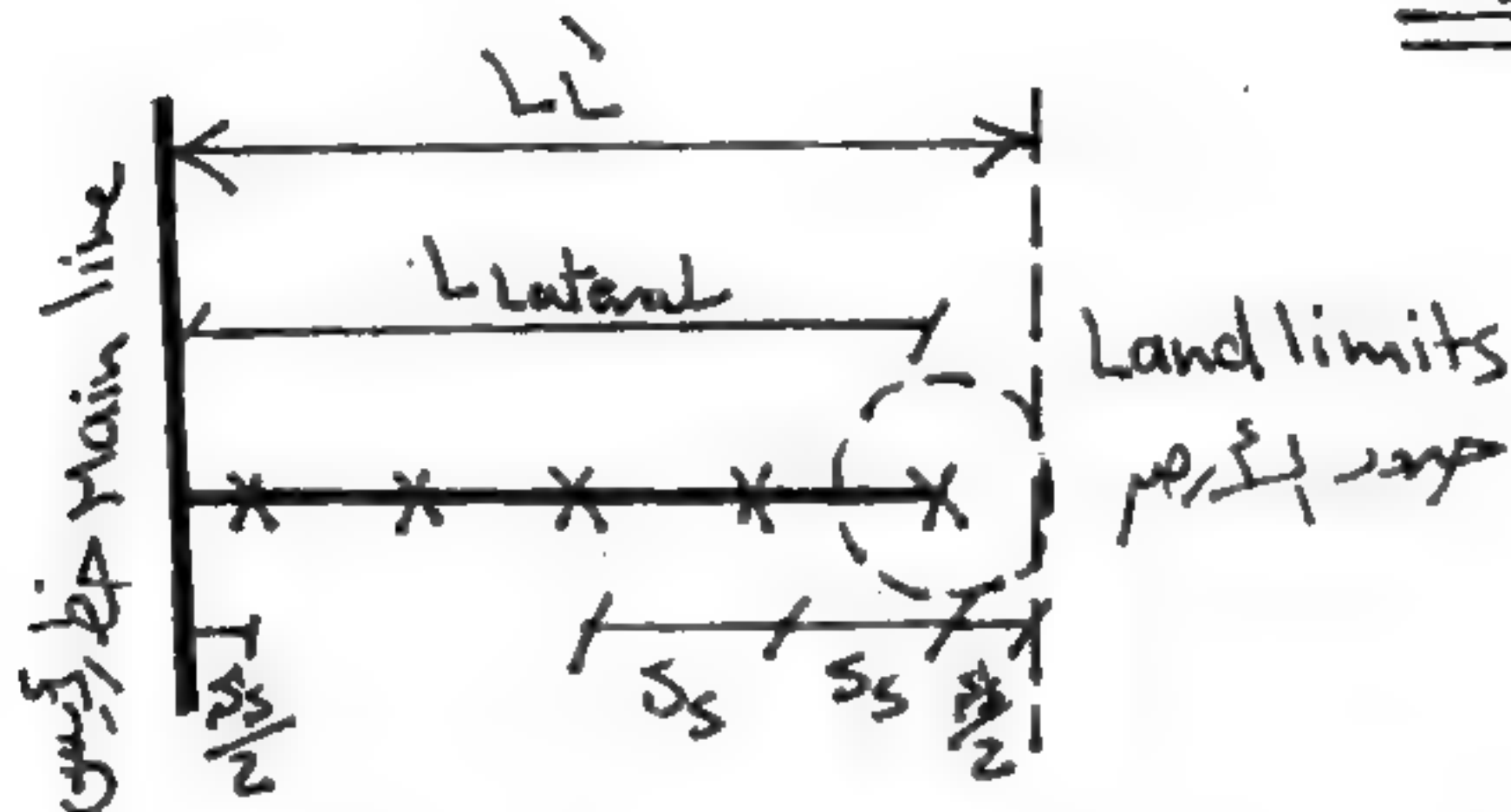
المرقعة رقم 1 بمعرفة قطر دائرة التأثير للرشاش ( $D_w$ )

Wetted diameter of sprinkler

⑤ نسبة التداخل بين دوائر التأثير ( $P$ )

$$S_s = D_w (1 - P)$$

طريقة رقم ٢



(يبدأ آخر رشاش مسافة  $\frac{S_s}{2}$  من حدود الأرض)  
وبذلك تصل دائرة تأثيره إلى نهاية الأرض.

ملحوظة

$$n_s = \frac{L_l}{S_s}$$

\* يجب مراعاة أطوال المواسير الألومنيوم المستعملة كالتالي .

Choose  $S_s$  3, 6, 9, 12, 15

\* يتم اختيار المسافة  $S_s$  بحيث يكون  $(n_s)$  عدد صحيح .

$$L_{lateral} = L_l - \frac{S_s}{2}$$



6) Sprinkler rate \* Application rateRa mm/hr

معدل الري

$$R_{a \min} \leq R_a \leq I_c$$

infiltration Capacity of soil

قيم  $\frac{R_{a \min}}{I_c}$  معطاة في آلة . (مفروض مع جداول)  
 (حسب طبيعة المنطقة) . (Ra) لا اختيار

7) Time of irrigation For one set

زمن الري للنقطة الواحدة (زمن تقاعد لمشات في مكان واحد)  
 للوصول للعمق الذي مطلوب

$$T_{set} = \frac{GWR (mm)}{R_a (mm/hr)} \text{ hrs}$$

8) Working hrs per day

عدد ساعات العمل خلال اليوم

$$T_{wh} \leq 24 \text{ hr}$$

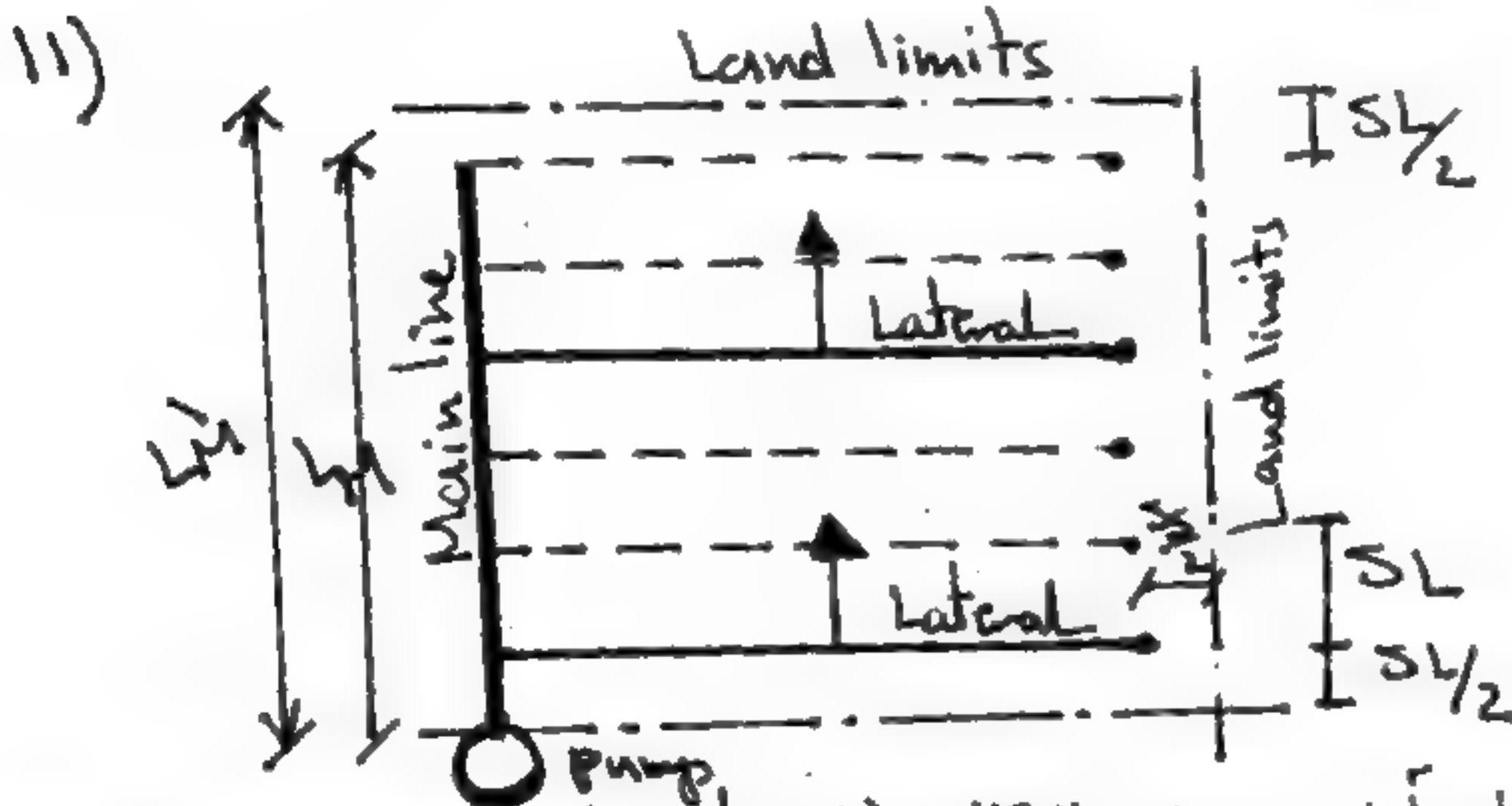
9) حساب زمن نقل وتركيب الخط للنقاي

$$T_{move} = 1 \rightarrow 2 \text{ hr}$$

10) No. of travel For each lateral

عدد إنتقالات خط اليوم الواحد Per day

$$n_{set} \leq \frac{T_{wh}}{T_{set} + T_{move}}$$



ملاحظة \* أول وآخر موضع للنقاي (Lateral) يتركب حرد  $(\frac{SL}{2})$

$$n_L = \frac{LM}{n_{set} \cdot n_d \cdot SL}$$

عدد خطوط النقاي  $\rightarrow$   $n_L$

days of irrigation  $\rightarrow$   $n_d$

ساعات سقي  $\rightarrow$   $SL$

النقاي 3, 6, 9, 12, 15



12) اختيار الرشاش

قيم اختيار الرشاش من جداول المعروفة

- Average wind speed. (km/hr)
- Application rate ( $R_a$  mm/hr)
- Distance  $S_s, S_L$

من جدول قيم الحصول على

(Choose Sprinkler)

قطر الفتحة Nozzle-orifice diameter (mm)

ضغط تشغيل الرشاش Operating pressure (kg/cm<sup>2</sup>)

( $q_s$ ) average discharge (m<sup>3</sup>/hr)  
 $q_{\text{sprinkler}}$

قطر دائرة التأثير Wet diameter (m)

معامل انتظام التوزيع Uniformity Coeff. (Cu %)

بعد اختيار الرشاش يتم حساب

1) Actual application rate

$$R_{a \text{ actual}} = \frac{q_s}{S_s \cdot S_L}$$

$$2) T_{set} = \frac{G.W.R (h.m)}{R_a}$$

زهره لری افغانی نی مجموع لوانه

$$3) T_w = n_{set} * (T_{set} + T_{move}) \leq \text{allowable working hrs. per day}$$

زهره لری نقل خطوط  
نی لوانه لوانه

### 13) Lateral design لتعمین خط افغانی

بمعرفه عدد ابرشاشات علی خط

$$Q_{lateral} = n_s * q_s$$

تقرض خط افغانی ←  
عدد ابرشاشات ←  
تقرض ابرشاشات

\* لغرض ابرشاشه فی افغانی (1 ← 2 m/s)

\* یتم حساب قطر خط (d)

$$A = \frac{Q_L}{V} = \frac{\pi}{4} d^2 \rightarrow q_L(d)$$

طول  
السرعة

$$h_f = \frac{4 f L}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

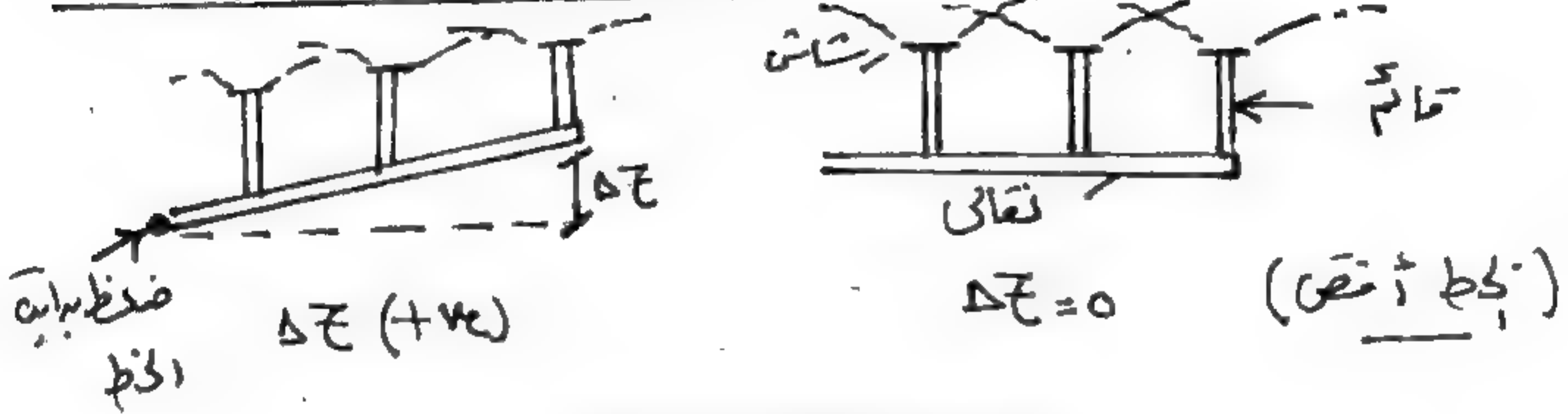
مواقع للاحتكاك  
عدد طول خط افغانی  
طول  
قطر خط  
عجلة كاذبة  
Darcy-Law  
قانون داریسی

$$F = 0.005 \text{ معامل الاحتكاك}$$



الضغط عند بداية خط = ضاغط تشغيل الرشاش + 0.75 \* مقاومة الاحتكاك

+ ارتفاع قائم الرشاش (rise)  $\pm \Delta Z$



#### 14) خط الرشاش الرئيسي Main Line

لحرف خط الرشاش = عدد خطوط لنقاي \* لفرع خط لنقاي

\* لفرع السرعة (1 ← 1.5) m/s

\* تيم حساب لقطر  $A = \frac{Q}{V} = \frac{\pi}{4} d^2$

$$h_L = 1.1 h_F$$

$h_F$  متر مانومتر

\* لفرع 1.15 ضواقة ثانوية (مجاوبين دو محلا)

الضغط عند بداية خط = الضغط عند بداية لنقاي + (الغولة  $h_L$ )

### 15) مضخة Pump

تصرف المضخة = تصرف زكام الرشيسي \* عدد خطوط الرشيسية .

ضخات المضخة = ضاغة زكام الرشيسي + 1.1 \* ضواقة الامتلاك  
في ماسورة السحب + عمق الجاذب البئر .

$$\text{Power} = \frac{\gamma_w \cdot Q_{\text{pump}} \cdot H_{\text{pump}}}{\eta_1 \cdot \eta_2} \quad (\text{kw}) \quad \text{كيلوات}$$

$$\gamma_w = 9.81 \text{ kn/m}^3$$

$Q_{\text{pump}}$ : تصرف المضخة

$H_{\text{pump}}$ : ضاغة المضخة

$\eta_1$ : Pump efficiency.

$\eta_2$ : Motor efficiency.



24,  
19.0  
5

# Irrigation & Drainage Engineering

2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

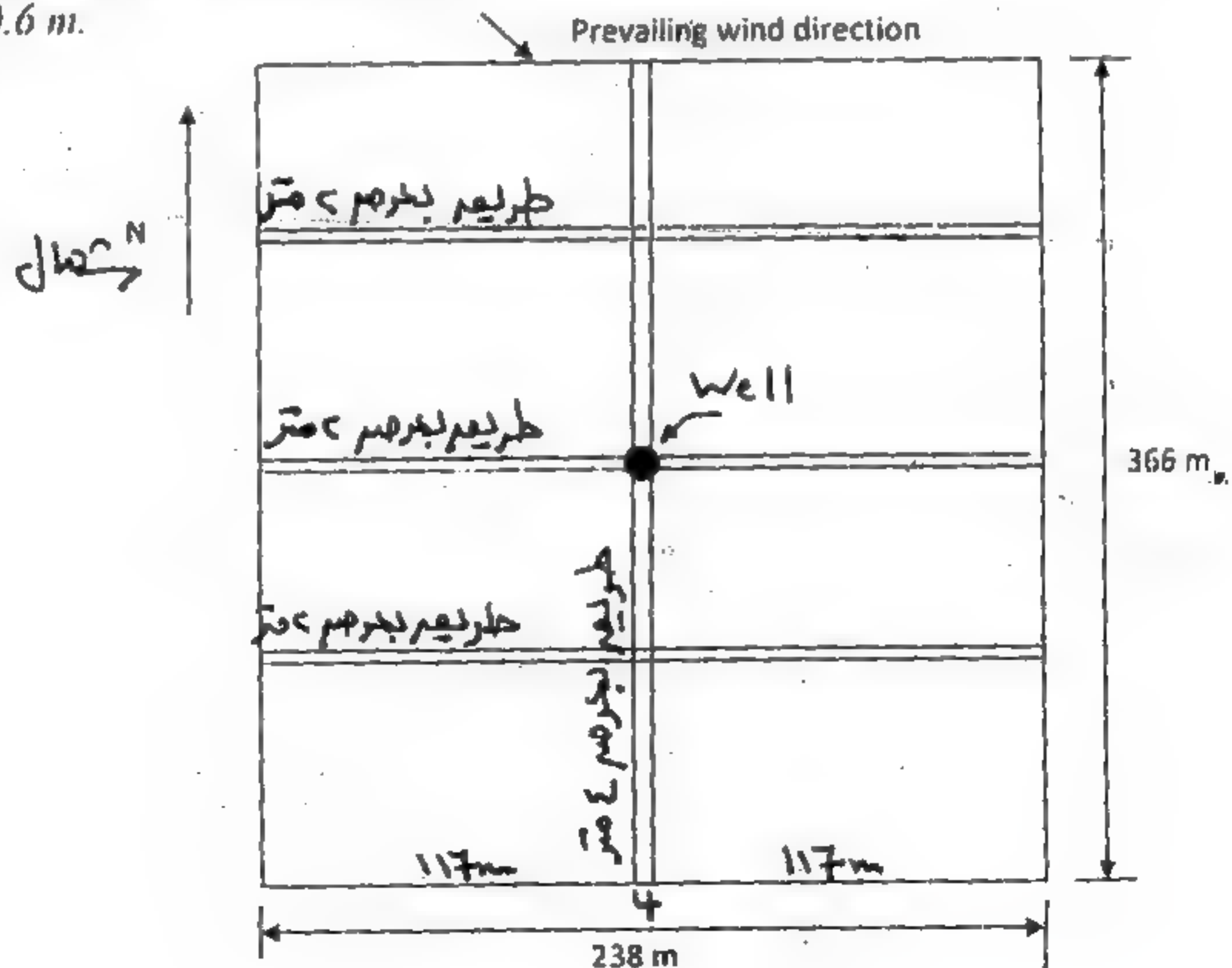
No. 15 ري

### Example:

Design a semi-portable irrigation system for the field shown in Fig. The field is irrigated from a well located at the center of the field. The land is plane and horizontal. The design includes the determination of direction and number of laterals, mains, and their diameters and choosing the suitable sprinkler and spacing in addition to the power of the pump.

### Available data:

- Average wind speed = 3 m/sec.
- Soil is sandy loam. ( $A_s = 1.5$  F.C = 14% WP 6%) given.
- Root depth = 0.9 m.
- Moisture level = 0.4.
- Maximum consumptive use of water for plant = 6 mm/day.
- Irrigation efficiency = 65%.
- Available time for irrigation including lateral movement  $\leq 20$  hours/day.
- Sprinkler rate 6 – 8.5 mm hour.
- Number of irrigation (working) days  $\leq 85\%$  of irrigation interval.
- Depth of water inside the well = 60 m.
- Losses in suction pipe = 1 m.
- Pump efficiency = 70%.
- Motor efficiency = 0.95.
- Pipes of well from steel ( $e = 0.012$  cm).
- Pipes of main line from PVC ( $e = 0.014$  cm).
- Pipes of laterals from aluminum ( $e = 0.02$  cm).
- Available inside diameters mm: 12.5, 25.5, 37.5, 50, 62.5, 75, 100, 125, .... 500.
- Specifications for sprinklers are given in attached tables.
- Riser height = 0.6 m.





Semi-portable irrigation systemنظام الرش

في اتجاه الشمال والجنوب خطوط الرئيسية (Main lines)  
 شرق وغرب خطوط الرشاشات (Laterals)  
 بطول تتراوح من (100 → 200m)  
 لخط العرض (117m).

Given

$$D = 0.9m \quad ML = 0.4 \quad As = 1.5$$

$$Fc = 14\% \quad wp = 6\%$$

$$Cu = 6mm/d \quad \text{irrigation efficiency} = 65\%$$

1) Net water requirement (NWR)

$$NWR = \frac{\delta_s}{\delta_w} \cdot D \cdot ML (Fc - w)$$

$$= \frac{1.5}{1} * 0.9 * 1000 * 0.4 (0.14 - 0.06) = 43.2 \text{ mm}$$

mm تحول إلى mm

2) Gross water requirement (GWR)

$$GWR = \frac{NWR(mm)}{\text{Efficiency}} = \frac{43.2}{0.65} = 64.6 \text{ mm}$$

3)  $T = \frac{NWR(mm)}{Cu \text{ mm/d}}$  period between two watering  
 الزمن بين الريتين

$$T = \frac{43.2}{6} = 7.2 \text{ day}$$

تقريباً للترتيب رقم صحيح

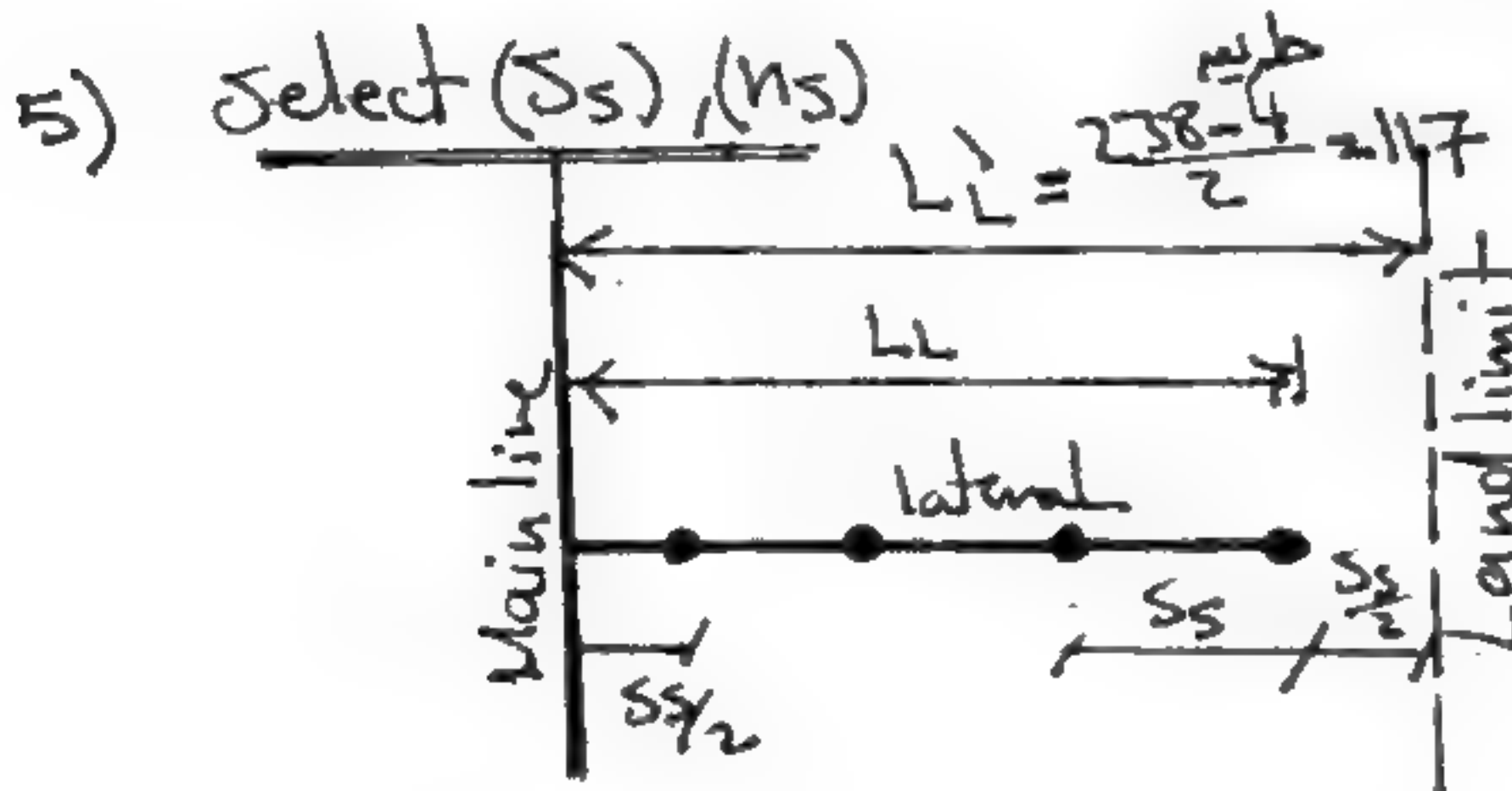
$$T_{\text{actual}} = 7 \text{ day}$$

4) No. of working days

Given  
شروط في المسألة

$$\text{No. of working days} \leq 85\% \text{ irrigation interval}$$

$$\text{No. of w.d.} = 0.85 \times 7 = 6 \text{ days.}$$



$$n_s = \frac{L_L'}{S_s} = \frac{117}{S_s}$$

$$n_s = \frac{117}{9} = 13 \text{ سياتي, } S_s = 3, 6, 9, 12, 15$$

(لكن المطلوب واحد)

تم استخدام سوا سير بطول (9m) ويوضع الرشاش في الفواصل  
بين السوا سير ولذلك طعنا سوا سير لرشاشات = (9m)



$$L_{\text{Lateral}} = L_L' - \frac{S_s}{2} = 119 - \frac{9}{2} = 114.5 \text{ m}$$

↑ إرشادات توزيع في (117m)، لكنه عند العمل مع طول (119m)

6) Sprinkler rate - Application rate

معدل  
تطبيق  
Sprinkler rate  $6 \rightarrow 8.5 \text{ mm/hr}$

بقرير معدل إرش  $R_a = 7.5 \text{ mm/hr}$

7) Time of irrigation for one set

زمن إرش للنقطة الواحدة

$$T_{\text{set}} = \frac{GWR}{R_a} = \frac{64.6}{7.5} = 8.613 \text{ hr}$$

نعتبر  $T_{\text{set}} (8.5 \text{ hr})$

أي  $R_a = 7.6 \text{ mm/hr}$

8) Working hrs per day عدد ساعات العمل خلال اليوم

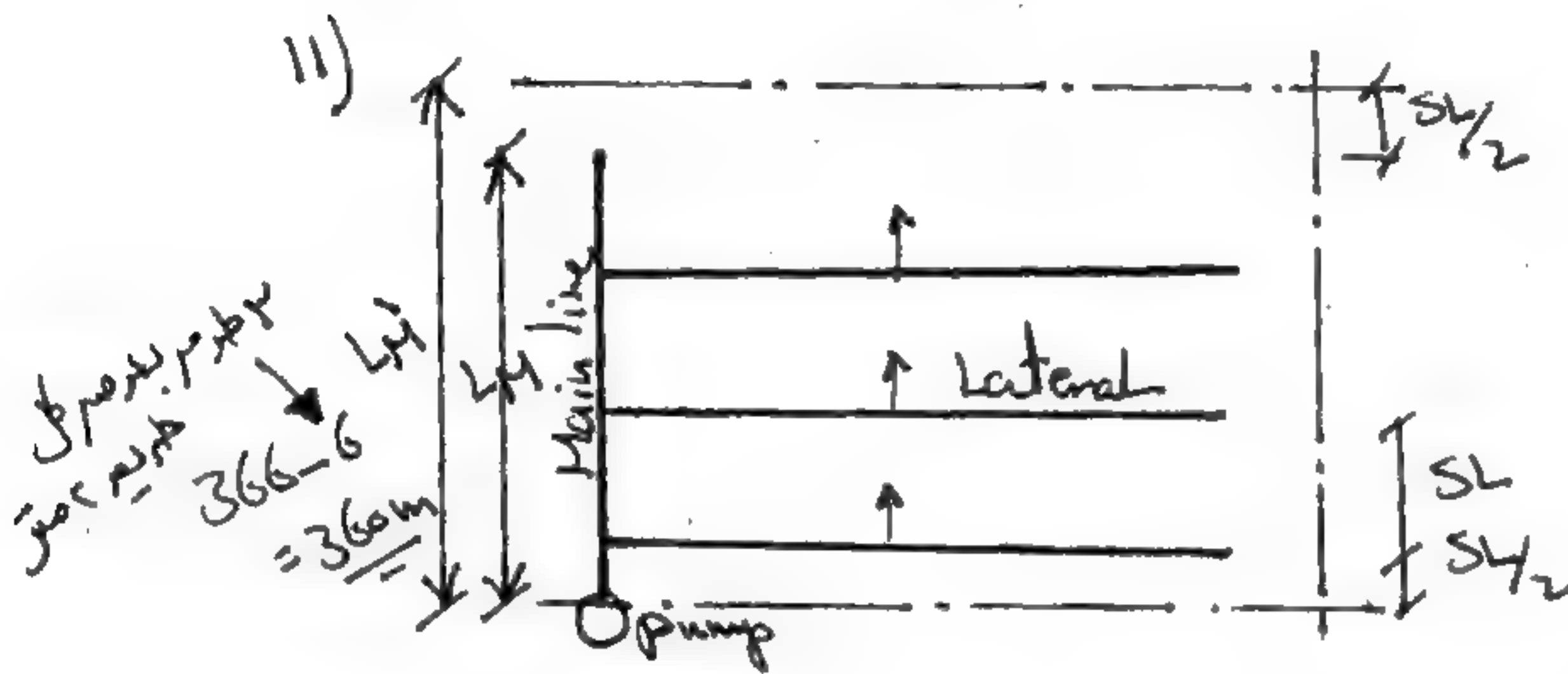
Given  $\leq 20 \text{ hr}$

9)  $T_{\text{move}} = (1 \rightarrow 2 \text{ hr})$  assume  $1.5 \text{ hr}$

زمن نقل وتركيب كل أنقالي.

10) No. of Travel For each Lateral per day  
 عدد رفت و برگشت خزان به یوم الواحد

$$n_{\text{set}} = \frac{T_{wh}}{T_{\text{set}} + T_{\text{move}}} = \frac{20}{8.5 + 1.5} = 2$$



عدد رفت و برگشت (خط طول به درستی)

$$n_L = \frac{LM}{n_{\text{set}} \cdot n_{\text{d}} \cdot SL} = \frac{360}{2 \times 6 \times 15} = 2$$

عدد رفت و برگشت (خط طول به درستی)

36, 9, 12, 15

عدد رفت و برگشت (خط طول به درستی)



12) اختيار الرشاش

- Wind speed =  $3 \text{ m/s} = 10.8 \text{ km/hr}$

$8 \rightarrow 16 \text{ km/hr}$

(4-4-4) جرد

139 →

-  $R_a = 7.5 \text{ mm/hr}$

-  $S_s = 9, S_L = 15$

- Nozzle diameter =  $3.97 \text{ mm}$

- Operating pressure =  $3.17 \text{ kg/cm}^2$

- Average discharge =  $1.11 \text{ m}^3/\text{hr}$

- Wet diameter =  $24.7 \text{ m}$

- Uniformity Coeff (Cu) =  $84\%$

1)  $R_{\text{actual}} = \frac{q_s}{S_s \cdot S_L} = \frac{1.11}{9 \times 15} \times 1000 = 8.22 \text{ mm/hr}$

2)  $T_{\text{set}} = \frac{GWR}{R_{\text{act}}} = \frac{64.6}{8.22} = 7.86 \text{ hr}$

3)  $T_w = n_{\text{set}} \times (T_{\text{set}} + T_{\text{move}}) = 2(7.86 + 1.5) = 18.72 \text{ hr} < 20 \text{ hr}$

Water Application Rate (R <sub>a</sub> )											
	0.8-1.6	2.0-3.0	3.3-4.3	4.6-5.6	5.6-6.6	7.1-8.1	8.6-9.4	9.7-10.7	10.9-11.9	12.2-13.2	13.2-14.2
SP 6 x 12 (S <sub>1</sub> x S <sub>2</sub> )	Nozzle Size Av. Pressure Av. Discharge Wet Diameter Cu (x)	1.59 2.11 0.11 16.77 80.00	1.93 2.11 0.18 17.68 81.00	2.38 2.11 0.30 18.60 82.00	2.38 2.11 0.39 20.43 85.00	2.78 2.11 0.57 20.43 85.00	3.18 2.46 0.50 19.51 84.00	3.18 2.39 0.57 20.43 84.00	3.18 2.81 0.66 21.95 85.00	3.57 2.46 0.77 21.95 84.00	3.10*2.33 2.25 0.84 20.43 85.00
SP 9 x 12	Nozzle Size Av. Pressure Av. Discharge Wet Diameter Cu (x)	1.98 2.11 0.18 17.68 80.00	2.38 2.11 0.30 18.60 82.00	2.38 2.11 0.39 20.43 85.00	2.78 2.11 0.57 20.43 85.00	3.18 2.46 0.66 21.95 84.00	3.18 2.39 0.57 20.43 84.00	3.18 2.81 0.66 21.95 85.00	3.57 2.46 0.77 21.95 84.00	3.10*2.33 2.25 0.84 20.43 85.00	3.18*2.36 2.81 0.95 21.04 86.00
SP 9 x 15	Nozzle Size Av. Pressure Av. Discharge Wet Diameter Cu (x)	2.38 1.76 0.26 17.99 62.00	2.38 2.81 0.34 19.51 70.00	2.78 2.81 0.52 20.12 75.00	3.18 3.17 0.70 22.87 84.00	3.57 3.52 0.91 23.48 84.00	3.97 3.17 1.11 24.70 84.00	3.97 3.87 1.23 25.00 87.00	4.37 3.87 1.41 26.52 85.00	4.37*2.38 2.46 1.52 23.17 86.00	4.37*2.38 2.81 1.68 25.00 90.00
SP 12 x 12	Nozzle Size Av. Pressure Av. Discharge Wet Diameter Cu (x)	2.38 1.76 0.26 17.99 62.00	2.78 2.11 0.45 18.90 80.00	3.18 2.46 0.61 21.04 83.00	3.57 2.46 0.77 22.87 83.00	3.97 2.81 0.95 21.04 83.00	4.37 2.46 1.20 23.17 84.00	4.37*2.38 2.81 1.36 23.79 87.00	4.76 3.87 1.52 23.17 86.00	4.37*2.38 2.81 1.68 25.00 86.00	4.37*2.38 3.03 1.88 25.00 90.00
SP 9 x 18	Nozzle Size Av. Pressure Av. Discharge Wet Diameter Cu (x)	2.38 1.76 0.26 17.99 62.00	2.78 2.11 0.45 18.90 80.00	3.18 2.46 0.61 21.04 83.00	3.57 2.46 0.77 22.87 83.00	3.97 2.81 0.95 21.04 83.00	4.37 2.46 1.20 23.17 84.00	4.37*2.38 2.81 1.36 23.79 87.00	4.76 3.87 1.52 23.17 86.00	4.37*2.38 2.81 1.68 25.00 86.00	4.37*2.38 3.03 1.88 25.00 90.00
SP 12 x 15	Nozzle Size Av. Pressure Av. Discharge Wet Diameter Cu (x)	2.38 1.76 0.26 17.99 62.00	2.78 2.11 0.45 18.90 80.00	3.18 2.46 0.61 21.04 83.00	3.57 2.46 0.77 22.87 83.00	3.97 2.81 0.95 21.04 83.00	4.37 2.46 1.20 23.17 84.00	4.37*2.38 2.81 1.36 23.79 87.00	4.76 3.87 1.52 23.17 86.00	4.37*2.38 2.81 1.68 25.00 86.00	4.37*2.38 3.03 1.88 25.00 90.00
SP 12 x 18	Nozzle Size Av. Pressure Av. Discharge Wet Diameter Cu (x)	2.38 1.76 0.26 17.99 62.00	2.78 2.11 0.45 18.90 80.00	3.18 2.46 0.61 21.04 83.00	3.57 2.46 0.77 22.87 83.00	3.97 2.81 0.95 21.04 83.00	4.37 2.46 1.20 23.17 84.00	4.37*2.38 2.81 1.36 23.79 87.00	4.76 3.87 1.52 23.17 86.00	4.37*2.38 2.81 1.68 25.00 86.00	4.37*2.38 3.03 1.88 25.00 90.00
SP 12 x 21	Nozzle Size Av. Pressure Av. Discharge Wet Diameter Cu (x)	2.38 1.76 0.26 17.99 62.00	2.78 2.11 0.45 18.90 80.00	3.18 2.46 0.61 21.04 83.00	3.57 2.46 0.77 22.87 83.00	3.97 2.81 0.95 21.04 83.00	4.37 2.46 1.20 23.17 84.00	4.37*2.38 2.81 1.36 23.79 87.00	4.76 3.87 1.52 23.17 86.00	4.37*2.38 2.81 1.68 25.00 86.00	4.37*2.38 3.03 1.88 25.00 90.00
SP 12 x 27	Nozzle Size Av. Pressure Av. Discharge Wet Diameter Cu (x)	2.38 1.76 0.26 17.99 62.00	2.78 2.11 0.45 18.90 80.00	3.18 2.46 0.61 21.04 83.00	3.57 2.46 0.77 22.87 83.00	3.97 2.81 0.95 21.04 83.00	4.37 2.46 1.20 23.17 84.00	4.37*2.38 2.81 1.36 23.79 87.00	4.76 3.87 1.52 23.17 86.00	4.37*2.38 2.81 1.68 25.00 86.00	4.37*2.38 3.03 1.88 25.00 90.00
SP 18 x 18	Nozzle Size Av. Pressure Av. Discharge Wet Diameter Cu (x)	4.76 4.22 1.77 32.62 80.00	5.16 4.57 2.26 33.64 82.00	5.56 4.57 2.52 35.06 83.00	5.56 4.57 2.86 36.28 84.00	5.56 4.57 3.20 37.50 84.00	5.56 4.57 3.54 38.72 87.00	5.56 4.57 3.88 39.94 87.00	5.56 4.57 4.22 41.16 86.00	5.56 4.57 4.56 42.38 86.00	5.56*4.78 4.78 4.93 43.60 83.00

جدول (4-ب):

الاختيار الأولى للرشاش

Wind 8 to 16 Km/hr

R<sub>a</sub> : (mm/hr)

Nozzle Size : (mm)

Av. Press: (Kg/cm<sup>2</sup>)

Av. Discharge: (m<sup>3</sup>/hr)

Wet Diameter: (m)

4.76	5.16	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56
4.22	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57
1.77	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26
32.62	33.64	33.64	33.64	33.64	33.64	33.64	33.64	33.64	33.64	33.64	33.64
80.00	82.00	82.00	82.00	82.00	82.00	82.00	82.00	82.00	82.00	82.00	82.00

RA = 7.5 mm/hr

جدول (4-ب):

الاختيار الأولي للرشاش

Wind 8 to 16 Km/hr

RA (mm/hr)

Nozzle Size (mm)

Av. Press. (Kg/cm<sup>2</sup>)

Av. Discharge (m<sup>3</sup>/hr)

Wet Diameter (m)



13) Lateral design

تصميم النظام الجانبي

$$Q_L = n_s * q_s$$

$$= 13 * 1.11 = 14.43 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$L_L = 114.5 \text{ m}$$

Assume  $V = 1.5 \text{ m/s}$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{14.43}{60 * 60 * 1.5} = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$d = 0.0583 \text{ m}$$

$$= 58.3 \text{ mm}$$

نقطة، نقطة take  $d = 62.5 \text{ mm}$

$$h_f = \frac{4FL}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} = \frac{4 * 0.005 * 114.5}{62.5 * 10^{-3}} \cdot \frac{V_{act}^2}{2 * 9.81}$$

$$V_{actual} = \frac{14.43}{60 * \frac{\pi}{4} * (62.5 * 10^{-3})^2} = 1.3 \text{ m/s}$$

$$h_f = 3.15 \text{ m}$$

الضغط عند نهاية الخط = ضغط تشغيل الريشة + 0.75 \* مقاومة المدخلات

$$\Delta Z \pm \text{ارتفاع المقام}$$

$$3.15 \times 0.75 + 31.7 = \text{إضافة عند نهاية الخط}$$

$$\underline{m\ 34.66} = 0.6 + \uparrow \text{riser (given)}$$

$$kg/cm^2\ 3.17 = \text{ضغط الخط}$$

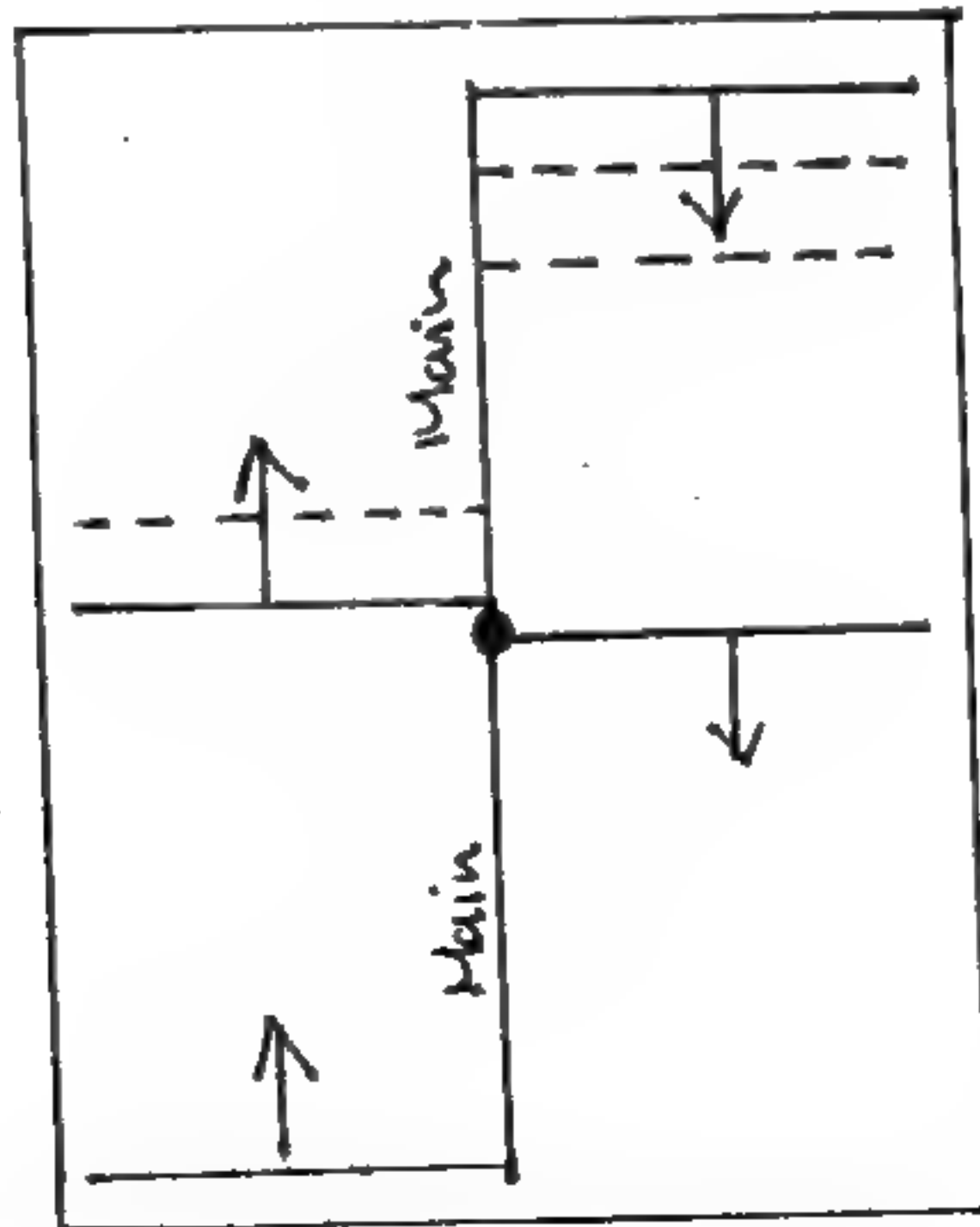
$$P = \gamma \cdot h$$

$$\frac{3.17\ kg \times 100^2}{cm^2} = \frac{1000\ kg}{m^3} \times h$$

$$\downarrow$$

$$31.7\ m$$

14) Main line خط رئيسي



$$Q_{Main} = 2 \times Q_L = 2 \times 14.43 = 28.86\ m^3/hr$$



$$Ass. V = 1.4 \text{ m/s}$$

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{28.86}{60 \times 60 \times 1.4} \quad d = 0.0854 \text{ m} \\ 85.4 \text{ mm}$$

الفل بحدود الطريق

$$L = \frac{366}{2} - \frac{15}{2} \\ = 175.5$$

(Available) take  $d = 100 \text{ mm}$

$$V_{act} = \frac{28.86}{60 \times 60 \times \frac{\pi}{4} 0.1^2} = 1.02 \text{ m/s}$$

$$h_f = \frac{4 \times 0.005 \times \frac{175.5}{0.1} \cdot \frac{1.02^2}{2 \times 9.81}}{0.1} = 1.86 \text{ m}$$

$$h_f 1.1 + \text{برای انتقال} \\ 36.7 = 1.86 \times 1.1 + 34.66 = \text{منظ برای لرنیسی}$$

15) pump

$$57.72 = 28.86 \times 2 = \text{آرخ} \\ \text{m}^3/\text{hr}$$

$$m \quad 97.8 = 60 + 1 \times 1.1 + 36.7 = \text{ضاحت لخن} \\ \text{عمرطار لخن} \quad \text{losses in suction pipe (Given)}$$

$$Power = \frac{\gamma_w \cdot Q_p \cdot H_p}{\eta_1 \cdot \eta_2} = \frac{9.81 \times 57.72 \times 97.8}{60 \times 60 \times 0.7 \times 0.95} \\ = 23.13 \text{ kW} \#$$

# Irrigation & Drainage Engineering

2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 1

صرف



## Chapter (1)

### Introduction

#### الصرف الزراعي (Drainage)

Is the removal of excess water that found either on land surface or under the soil surface in root zone.

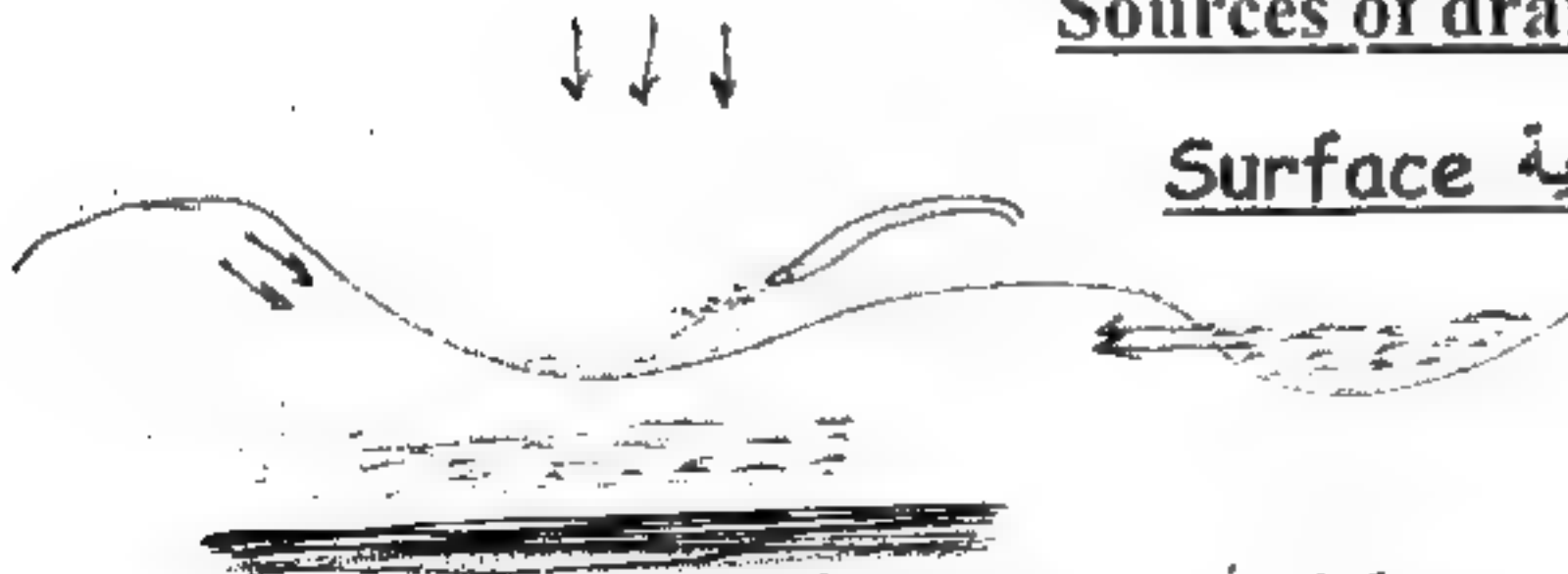
هو التخلص من المياه الزائدة عن حاجة النبات والتي قد تتواجد فوق سطح الأرض أو تحت السطح في منطقة جذور النبات.

#### الأغراض الأساسية لعملية الصرف Benefits of Drainage

1. توفير بيئة مناسبة "ماء+هواء" في منطقة جذور النبات لتحقيق التهوية الجيدة لمنطقة الجذور .
2. التحكم في ملوحة التربة.
3. سهولة سير العمليات الزراعية المختلفة من حرث وري وحصاد .
4. منع انتشار الأوبئة والحشرات الناتجة عن وجود البرك والمستنقعات في حالة ارتفاع منسوب المياه الجوفية.
5. تحسين خواص التربة خاصة التربة الطينية.

#### مصادر مياه الصرف Sources of drainage water

##### مصادر سطحية Surface



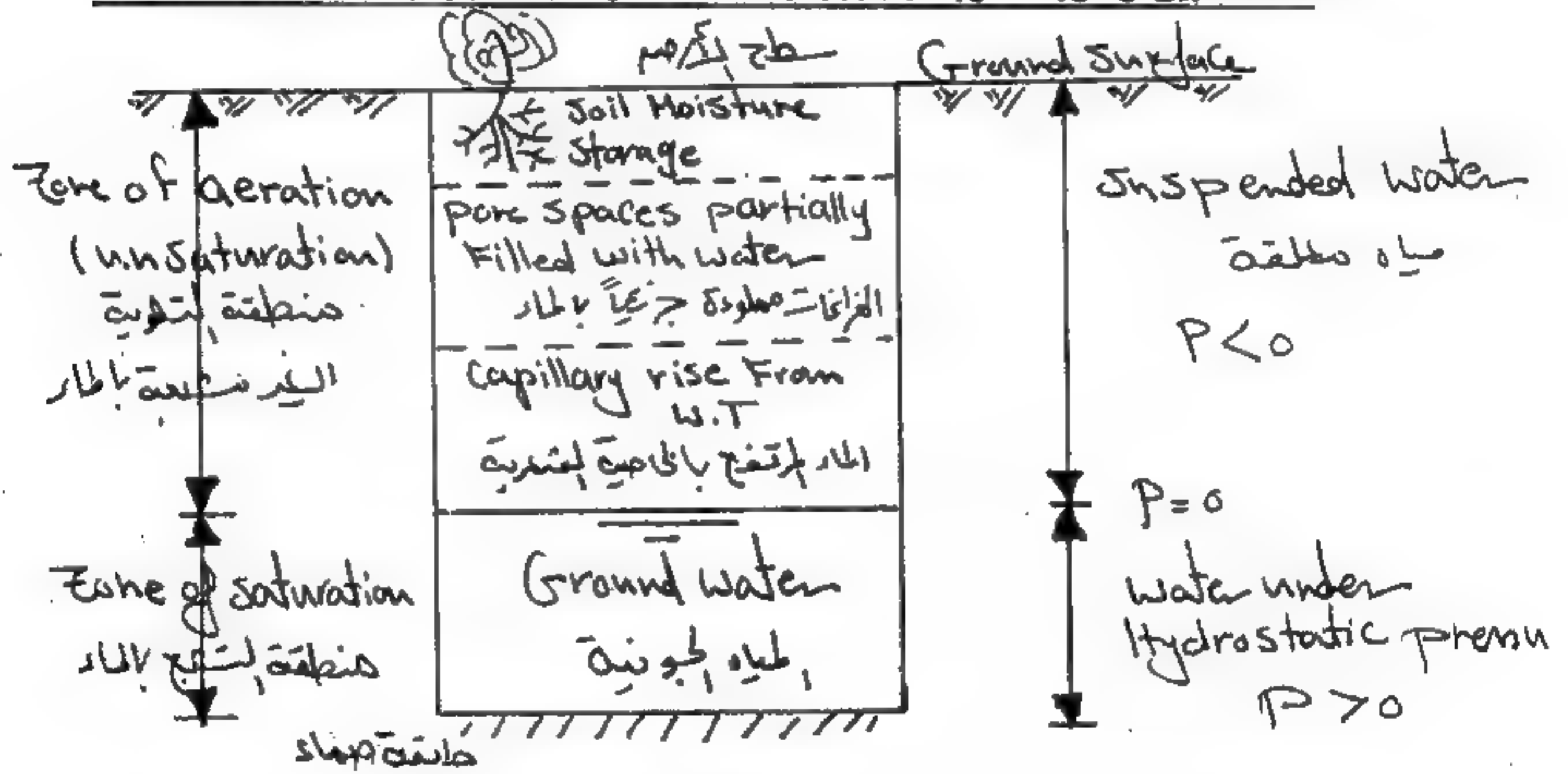
1. الإشراف في استخدام مياه الري.
2. الأمطار الغزيرة والفيضانات.
3. رشح المياه "seepage" من أرض مرتفعة إلى أراضي منخفضة مجاورة.

4. الصرف السطحي غير كافي حيث تتراكم المياه الزائدة فوق سطح الأرض بعد عملية الري ولا يتم صرفها نتيجة ضعف كفاءة الصرف السطحي وبالتالي يرتفع منسوب الماء الجوفي.

### مصادر تحت سطحية Sub surface

5. تواجد عائق "obstruction" مثل طبقة صماء في طريق الحركة الأفقية للماء الجوفي يؤدي إلى ارتفاع الماء لأعلى.
6. انخفاض نفاذية التربة وعندها يقل معدل تسرب الماء لأسفل كما في التربة الطينية.
7. رشح المياه من المجاري المائية المجاورة للأرض.

### العلاقة بين رطوبة التربة Soil moisture والمياه الجوفية Groundwater



كلما اقتربنا من منسوب المياه الجوفية تزداد نسبة الماء حيث يحل محل الهواء حتي

نصل الي حالة التشبع عند منسوب المياه الجوفية Groundwater table



### تطيل الأراضي Water logging

يقال أنه حدث تطيل للأرض إذا أصبح منسوب الماء الجوفي مرتفعاً جداً أو أصبح فوق سطح الأرض.

#### المشاكل الناتجة من ارتفاع منسوب الماء الجوفي Water logging :

1. زيادة ملوحة التربة في منطقة جذور النبات نتيجة تبخر المياه تاركة خلفها الأملاح.
2. صعوبة القيام بالعمليات الزراعية من حرث وري وحصاد.
3. انتشار الأوبئة والحشرات الناتجة عن وجود البرك والمستنقعات في حانة ارتفاع منسوب المياه الجوفية.

#### كيفية التحكم في منسوب الماء الجوفي Water logging control

1. تنظيم استخدام مياه الري.
2. تبطين القنوات والمجاري المائية حتى يمكن تقليل الرش.
3. إنشاء نظام صرف على درجة عالية من الكفاءة لتقليل منسوب الماء الجوفي.
4. محاولة استخدام الماء الجوفي في الري إذا كان صالحاً للري وهذا يؤدي إلى تخفيض المنسوب.

#### العلاقة بين نمو النبات وارتفاع منسوب الماء الجوفي:

نتيجة ارتفاع منسوب المياه الجوفية فإن جذر النبات لا يجد الهواء الكافي لتنفسه وبالتالي يقل حجمه وعليه يقل نمو النبات.

## أنواع المصارف Types of Drains

### 1- Laterals- field drains - حقلية - Interceptors - مصارف قاطعة

هي أولى درجات المصارف ومهمتها تجميع المياه من الأراضي الزراعية

### 2- Collectors - مجمعات

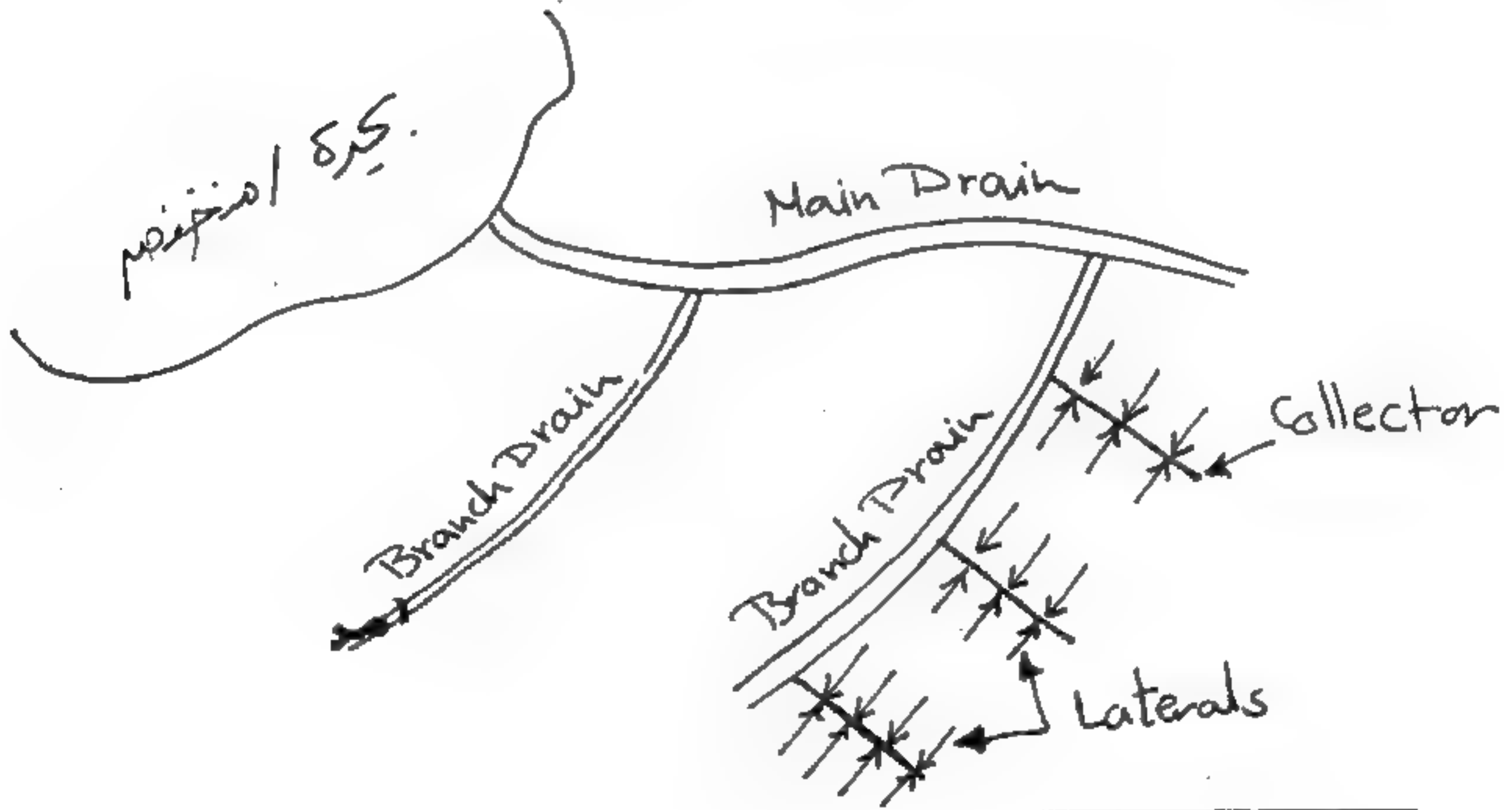
تجمع المياه من الحقلية وتوصلها للمصارف الفرعية.

### 3- Branch drains - المصارف الفرعية

تأخذ المياه من المجمعات وتوصلها الي المصارف الرئيسية.

### 4- Main drains - المصارف الرئيسية

تجمع المياه من المصارف الفرعية وتنقلها الي مكان صرفها (بحيرة-منخفض.....)



### الصرف السطحي أو المكشوف: Surface drainage or open drainage

هو التخلص من الماء الزائد عن حاجة النبات بإنشاء مجارى مائية مفتوحة "ditch" ومصارف حقلية مكشوفة "field drains" لها انحدارات وأعماق معينة.



### الصرف المغطى: Tile or cover or subsurface drainage

هو عملية التحكم في منسوب الماء الجوفي باستخدام المصارف المغطاة "Tile drains" وهي عبارة عن مواسير بأقطار مختلفة تحت سطح الأرض.

### مقارنة بين المصارف المكشوفة والمنظفة

### Comparison between open and covered drains

المصارف المغطاة Covered drains	المصارف المكشوفة Open drains
1- تحتاج عملية إنشاء شبكة المصارف المغطاة إلى مستوى عالي من التكنولوجيا والعمالة المدربة.	1- سهولة الإنشاء.
2- تكلفة الإنشاء الأولية مرتفعة.	2- تكلفة الإنشاء الأولية قليلة.
3- زيادة مساحة الأرض المزروعة.	3- تتسبب في إهدار جزء كبير من الأرض الزراعية.
4- لها كفاءة عالية في تخفيض منسوب الماء الجوفي.	4- تكون أكثر كفاءة لصرف الماء السطحي "الجريان السطحي run off".
5- تكلفة الصيانة قليلة.	5- تسبب نمو الحشائش والترسيب وتحتاج إلى صيانة مستمرة ومكلفة.
	6- تحتاج إلى مواد قليلة للتنفيذ.

مميزات الصرف المغطى:

- 1- زيادة مساحة الأرض الزراعية نتيجة توفير المساحة التي كانت تشغلها شبكة الصرف الحقلي المكشوف.
- 2- تخفيض منسوب الماء الجوفي وبالتالي تحسين التهوية في منطقة الجذور.
- 3- توفير نفقات تطهير المصارف المكشوفة وصيانتها.
- 4- المصارف المغطاة تقلل من تلوث البيئة.
- 5- عدم تقسيم الأرض الزراعية إلى مساحات صغيرة كما في حالة المصارف المكشوفة وبالتالي سهولة خدمة الأرض و استخدام المعدات الزراعية.
- 6- توفير تكاليف إنشاء وصيانة أعمال الري الصناعية التي تصاحب إنشاء شبكات المصارف المكشوفة.

مكونات شبكة الصرف المغطىLayout of subsurface drainage system

توجد طريقتان لتصميم وتنفيذ شبكة الصرف المغطى :

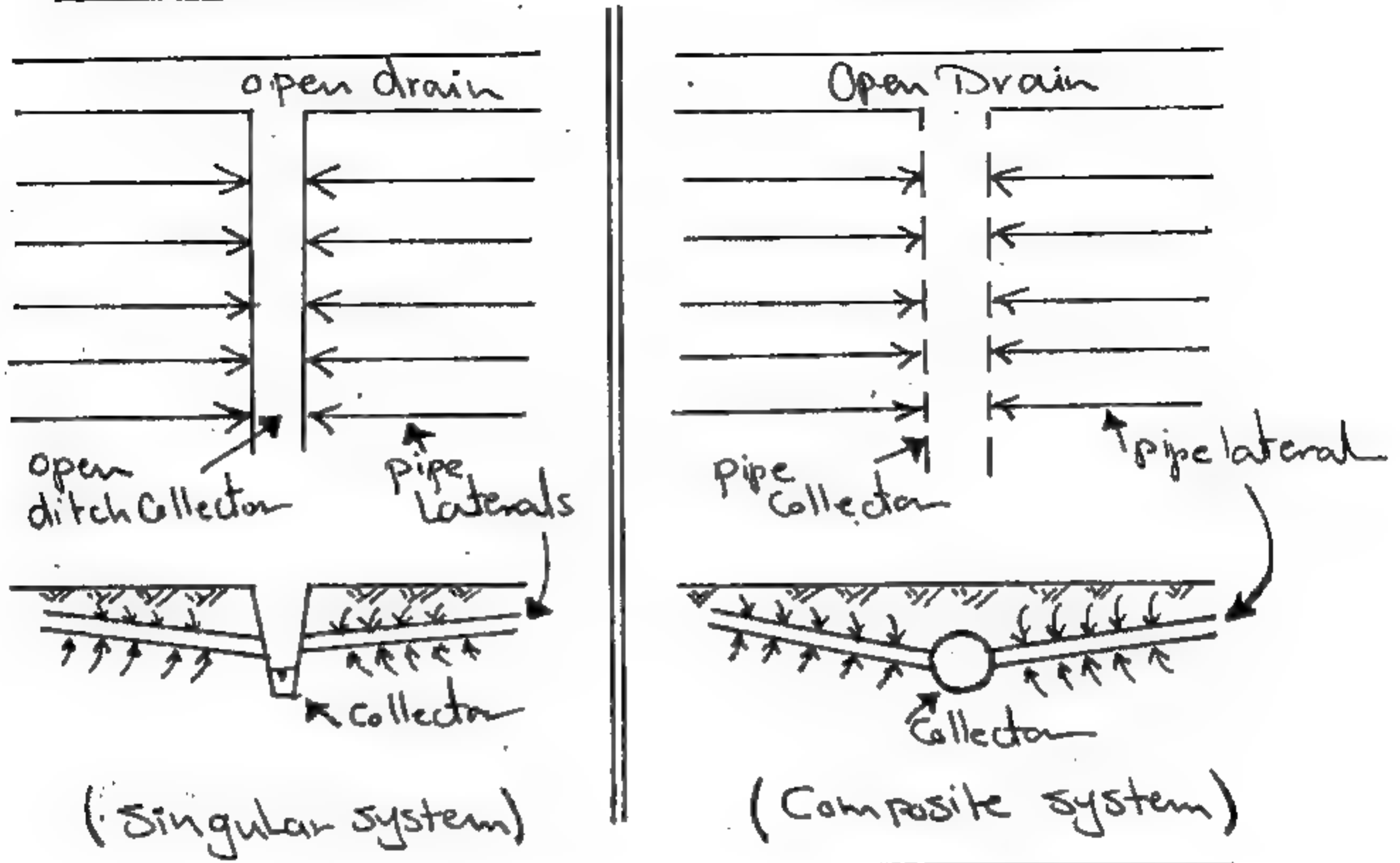
النظام الفردي 1- Singular System

ويتكون هذا النظام من مصارف حقلية مغطاة وتسمى حقليات "lateral drains" وهي عبارة عن أنابيب بلاستيك مثقبة تدفن تحت سطح التربة عند أعماق محددة وبميلول معينة حيث تقوم بتجميع الماء الجوفي وتوصيله إلى مجمعات مكشوفة "open ditch collector" وباقي الشبكة مكشوفة.

النظام المركب 2- Composite System

في هذا النظام تقوم الحقليات "laterals" بتجميع الماء الجوفي وتصبه في مواسير أخرى غير مثقبة ذات أقطار أكبر تسمى "مجمعات collectors" وباقي الشبكة مكشوفة.





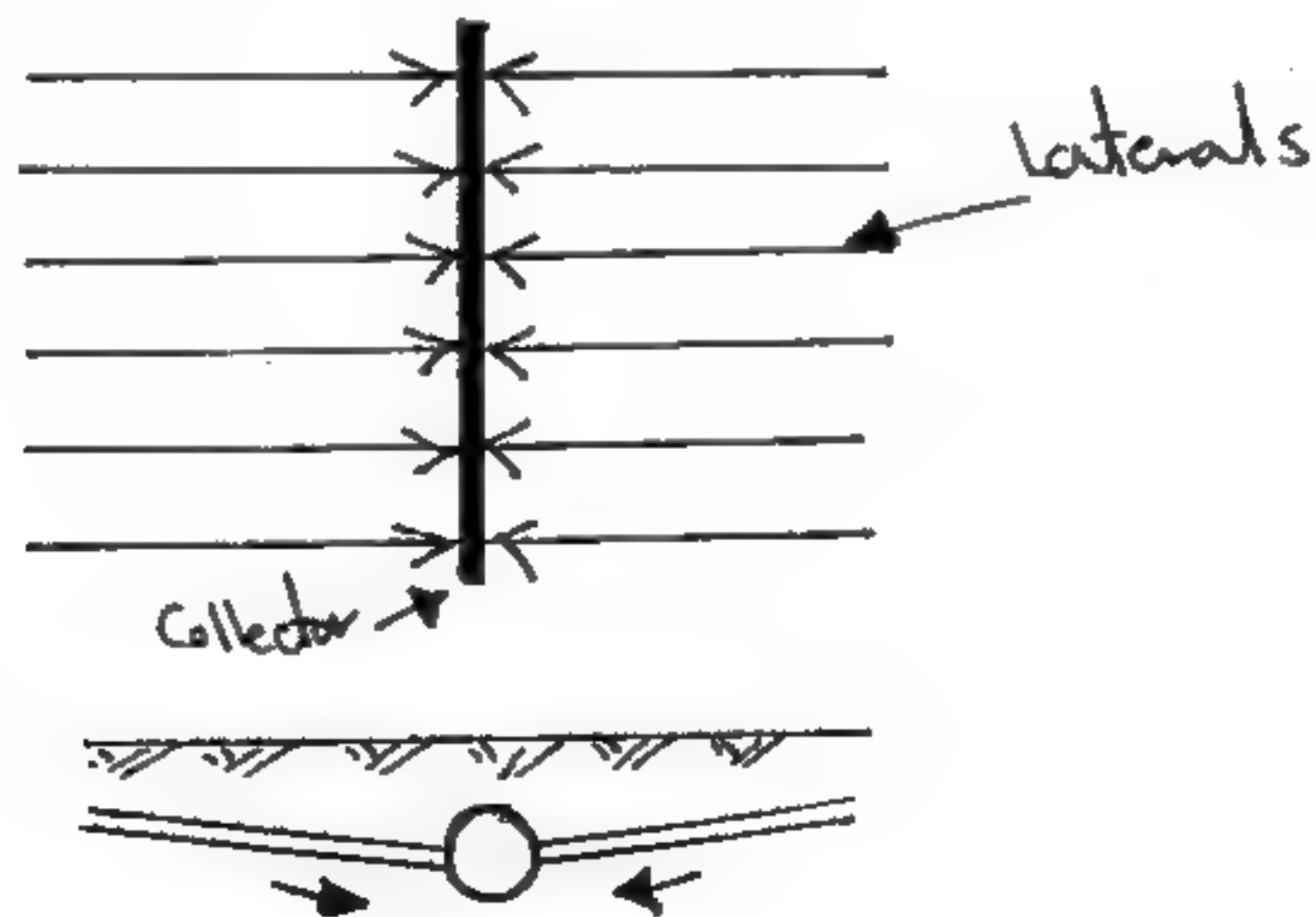
وينقسم الى "Composite system" إلى عدة نماذج كالآتي :

(1) النموذج المنتظم "Regular system" ؛ وهو نوعان :

أ- النموذج المتوازي أو الشبكي (Parallel or gridiron system) :

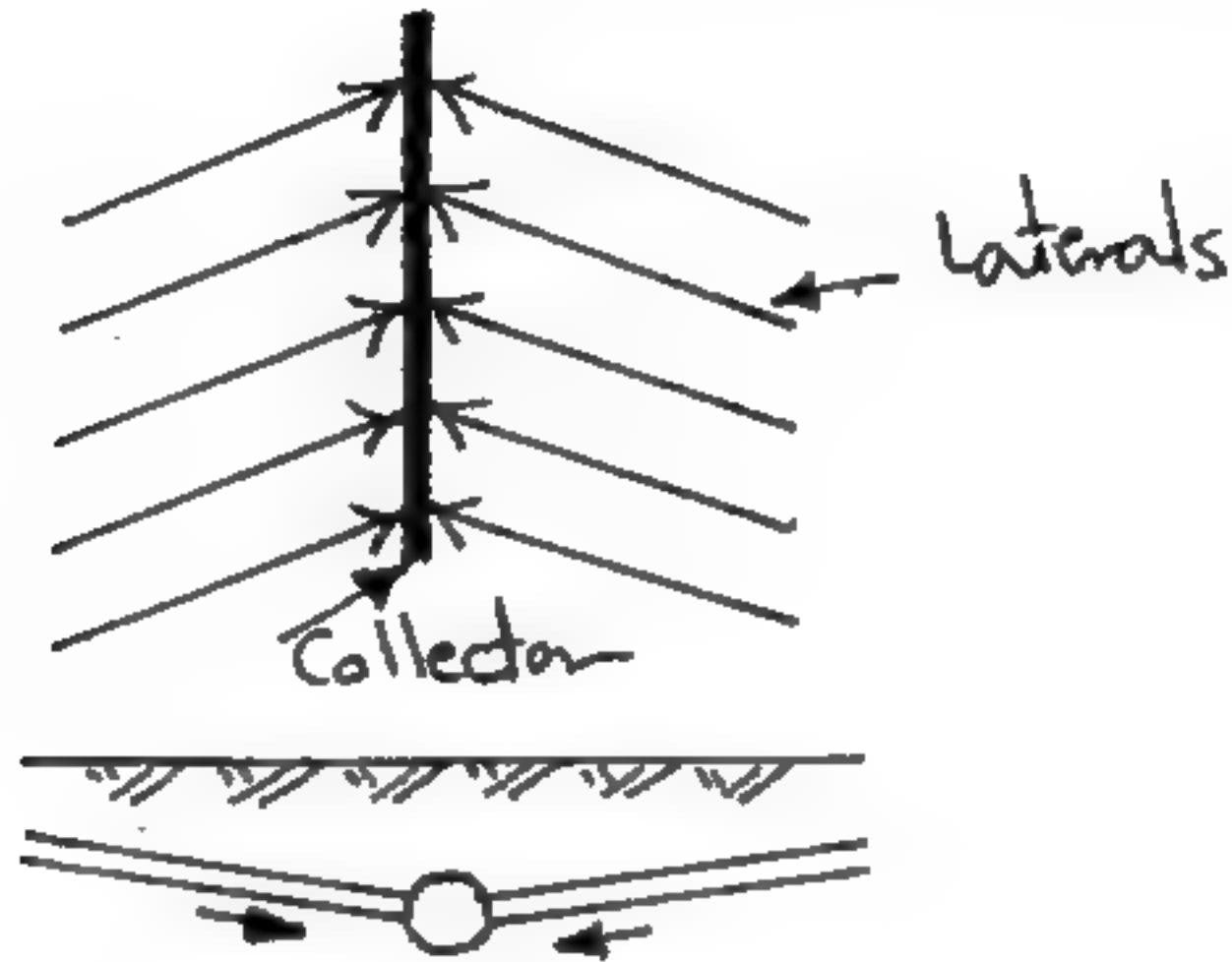
ويصلح هذا النوع للأراضي الأفقية أو الأراضي منتظمة الانحدار في اتجاه

واحد حيث تكون الحقلية "laterals" متعامدة علي المجمع "collector"



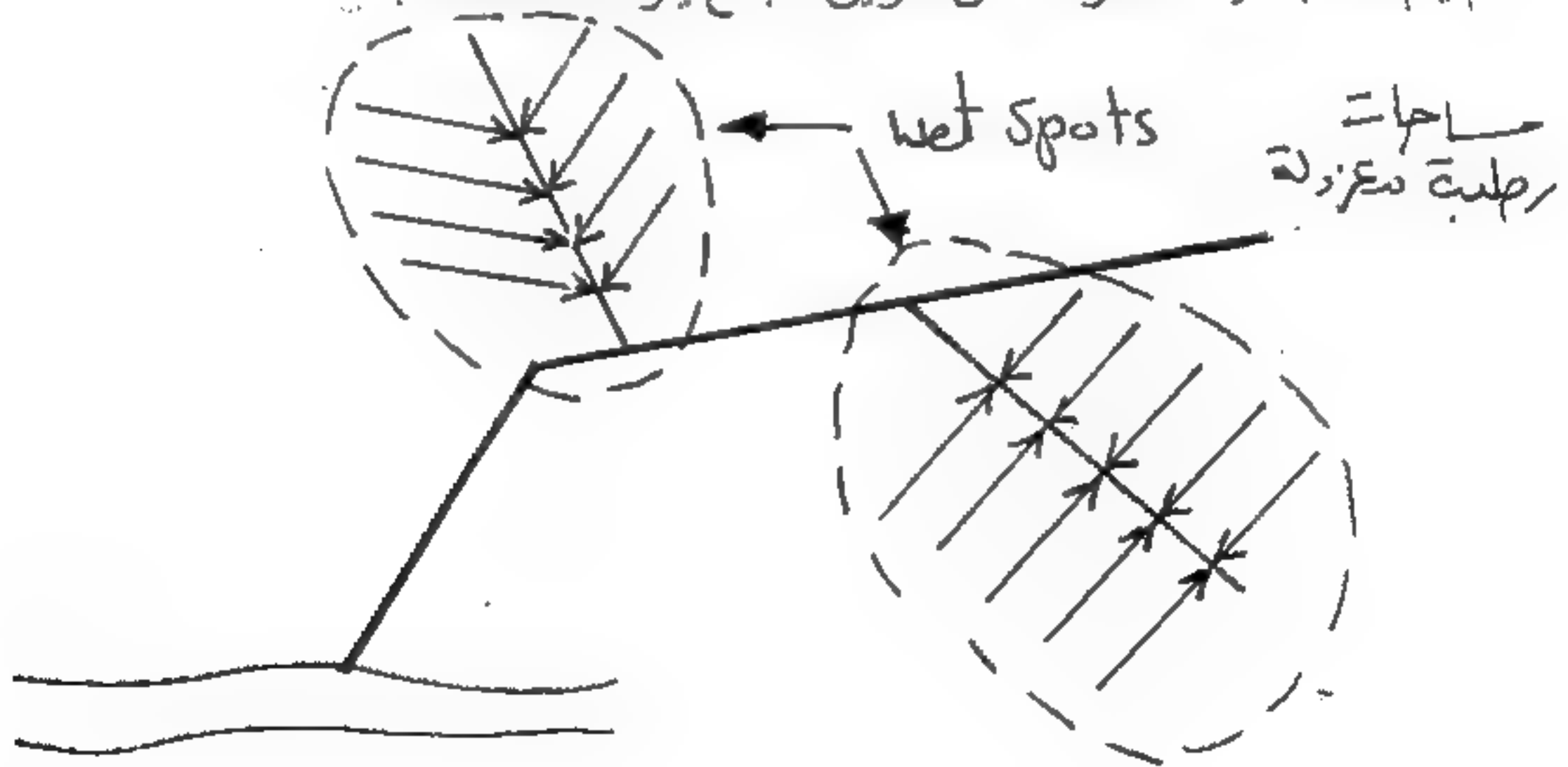
### ب- (herringbone system) :

ويصلح للأراضي منتظمة الانحدار في الاتجاهين حيث يوضع المجمع "collector" في المنخفض الرئيسي وتكون الحقلية "laterals" مائلة على المجمع بزاوية حوالي  $60^\circ$ .



### (2) النموذج العشوائي (random system) :

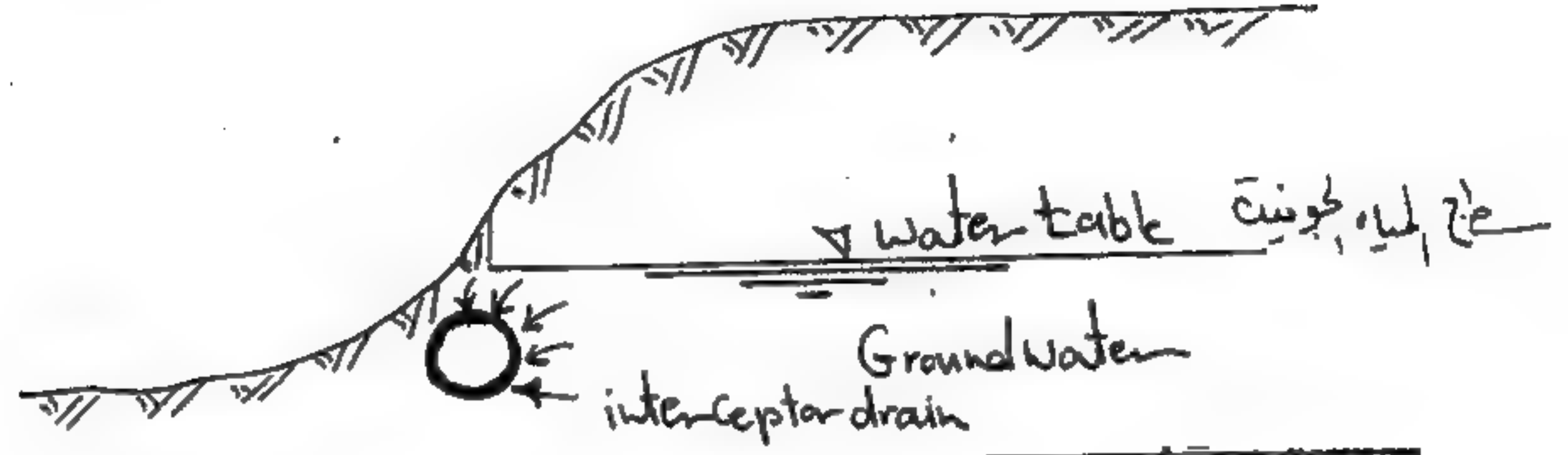
وتستعمل هذه الطريقة في حالة وجود بعض المساحات الصغيرة المعزولة والمنخفضة حيث يتم وضع الحقلية في كل مساحة بالطريقة المناسبة لتلك المساحة ثم يتم سحب مياه الصرف عن طريق مجمع يتوسط المنطقة.





(3) المصارف القاطعة (Cut off or interceptor drains) :

يتم عمل هذه المصارف لقطع مسار المياه التي تتسرب من الأرض المرتفعة إلى الأراضي المنخفضة المجاورة.

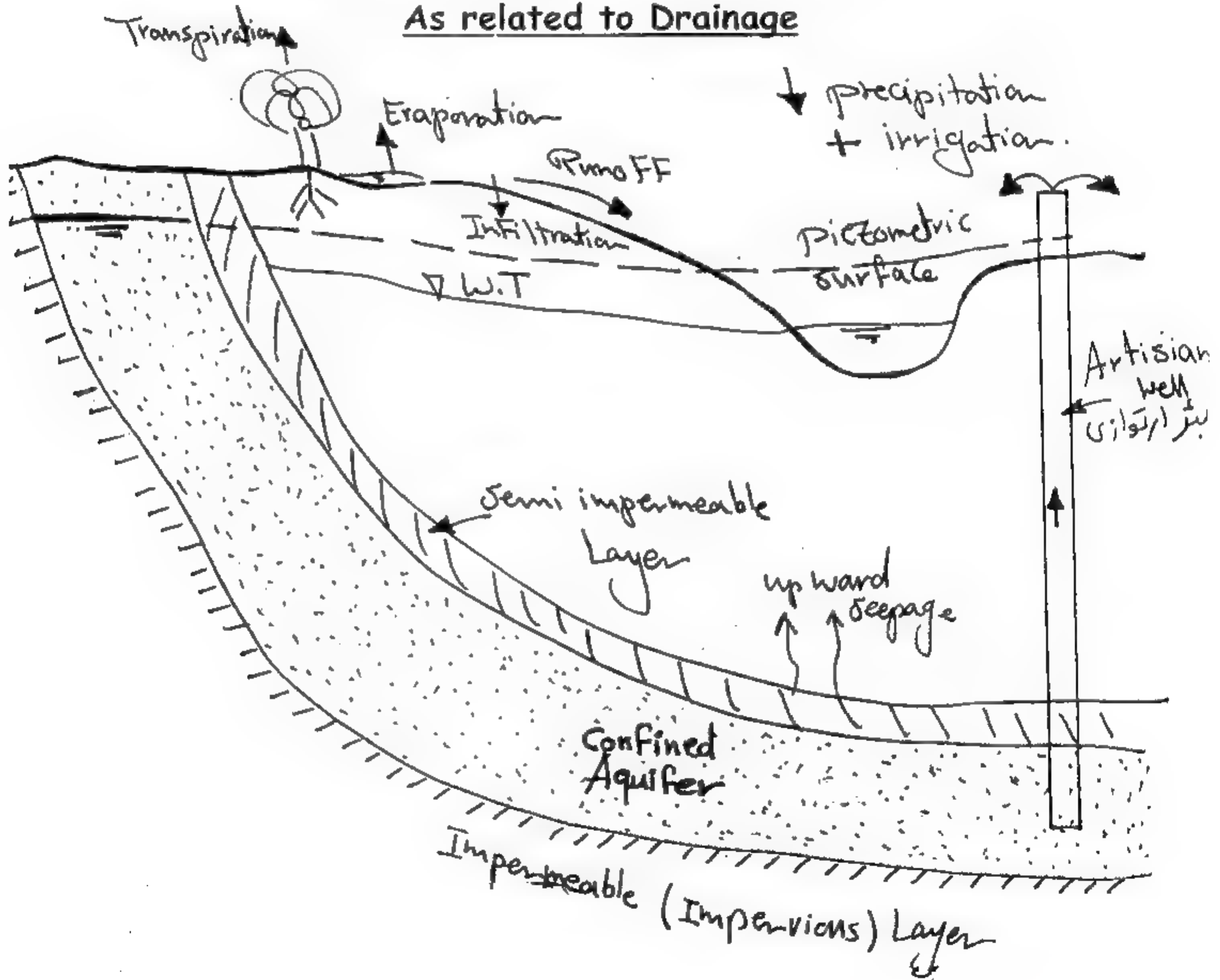
مقارنة بين النظام الفردي والنظام المركبComparison between singular and composite system

النظام الفردي singular system	النظام المركب composite system
1- تكاليف الإنشاء الأولية أقل من النظام المركب ولكن تكاليف صيانة المصارف الحقلية المكشوفة "ditches" كبيرة.	1- تكلفة الإنشاء الأولية مرتفعة بالمقارنة بالنظام الفردي ولكنها تعتبر الأرخص على المدى البعيد.
2- إذا حدث انسداد في أحد الحقليات لا يؤثر في مساحة كبيرة.	2- قد يحدث انسداد في مكان ما من المجمع Collector مما يؤثر على كفاءة الصرف في مساحة كبيرة.
3- تكون هناك مخارج "outlets" كثيرة على المصرف الحقلية المكشوف مما يجعلها معرضة للتلف كما تعيق التطهير الآلي للمصرف المكشوف.	3- يحتاج المجمع إلى درجة ميل كبيرة بالمقارنة بالمجمع المكشوف وبالتالي يكون هذا النظام مناسب أكثر للأراضي ذات الانحدارات.

<p>4- زيادة مساحة الأرض المزروعة حيث لا يتم عمل "ditches" المجمعات المكشوفة.</p>	<p>لكن مع ذلك تكون تلك المخارج الكثيرة ملائمة لفحص وتنظيف الحقليات .</p> <p>4- تقل مساحة الأرض المزروعة نتيجة عمل المجمعات المكشوفة "ditches"</p>
--	---

### دورة الماء في الطبيعة (The hydrological cycle)

#### As related to Drainage





5  
2/1/12

# Irrigation & Drainage Engineering

2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 2 صراف

## Chapter (3)

### Design of drainage systems

يتم تصميم أنظمة الصرف للحصول على المسافات بين المصارف سواء كانت مكشوفة أو مغطاة وذلك في حالات السريان المختلفة ( Steady and (Non steady

#### حالة التدفق الثابت Steady state flow

في هذه الحالة يفترض أن كمية المياه المتساقطة على سطح الأرض تساوي كمية المياه التي يتم تصريفها من خلال المصارف وبالتالي لا يتغير منسوب سطح الماء الجوفي.

- 1- Donnan Equation
- 2- Hoogheudt Equation
- 3- Ernst Equation
- 4- Kirkham Equation



#### حالة التدفق المتغير Non-steady state flow

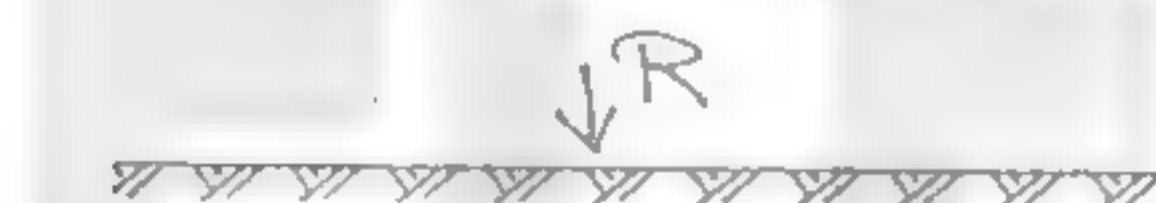
في هذه الحالة يفترض أن كمية المياه المتساقطة على سطح الأرض لا تساوي كمية المياه التي يتم تصريفها من خلال المصارف وبالتالي يحدث تذبذب "Fluctuation" لسطح الماء الجوفي مع الزمن.

- 1- Glover Equation
- 2- Glover Dumm Equation
- 3- Jan van Schilfgaarde Equation
- 4- Amer-Luthin Equation



Dupuit – Forchheimer assumptions فروض ديپوي – فورتشهيمزAssumptions of Horizontal flow theoryفروض نظرية التدفق الأفقي

- 1- سرعة تدفق المياه إلى المصارف تتناسب مع ميل سطح الماء الحر.
- 2- في حالة الميول الصغيرة للسطح الحر فإن المياه تتحرك إلى المصارف في خطوط أفقية ومتوازية.

Effect of drains on groundwater

$$R = q_r \quad (h = \text{constant})$$

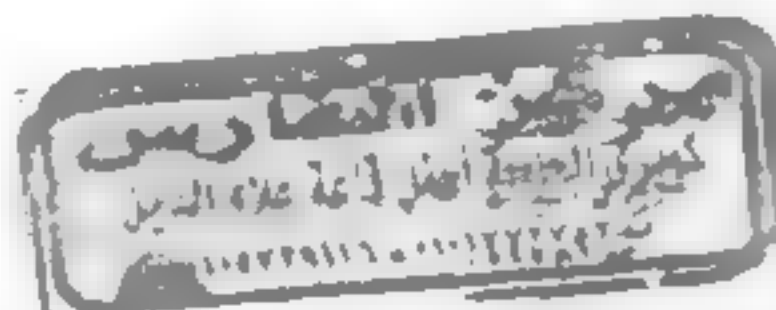
Steady State



$$h = F(t)$$

$$R \neq q_r \quad (h = \text{Variable}) \quad \text{متغير}$$

Non-steady State

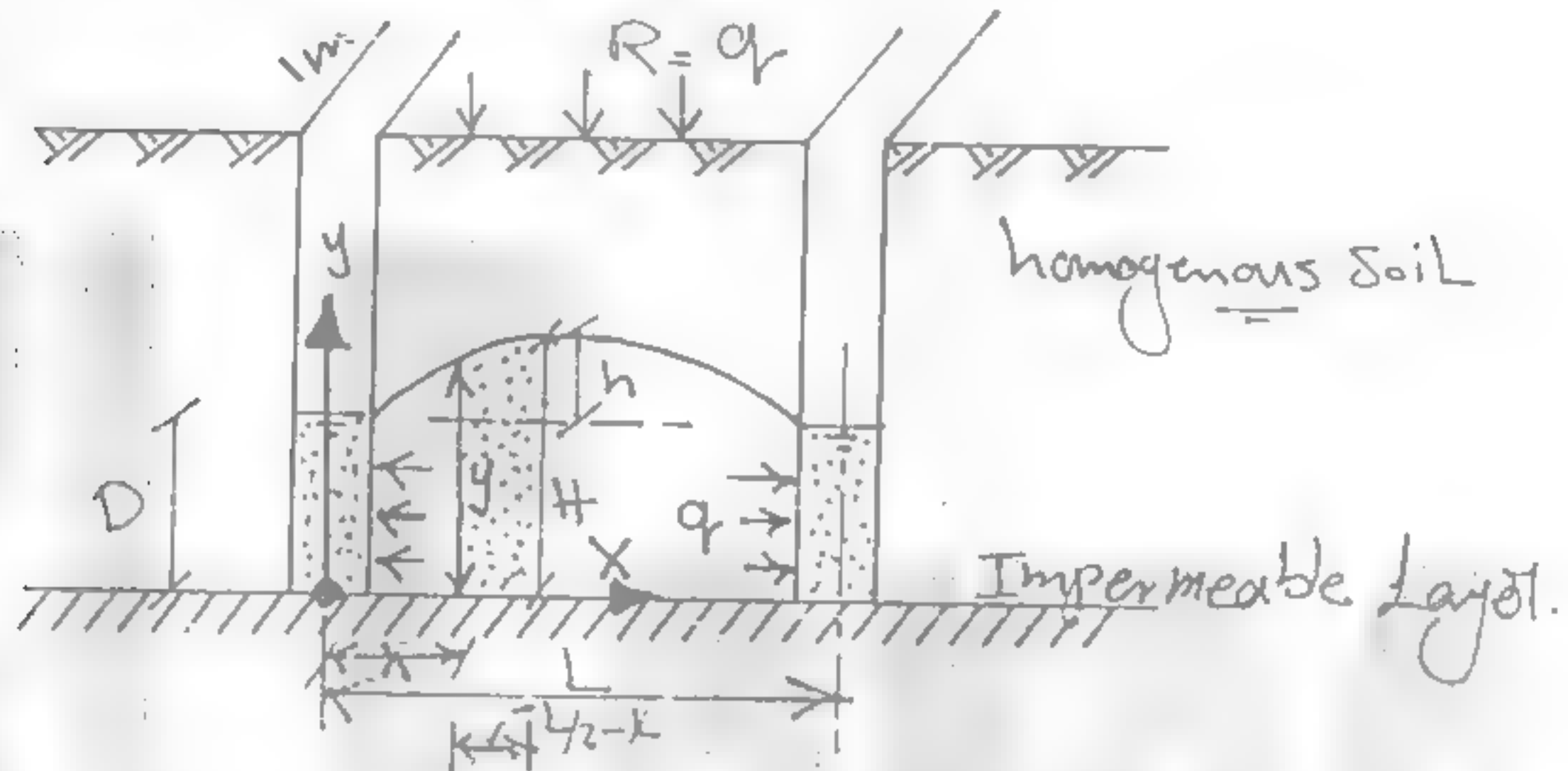
1- Recharge rate (R) معدل شحن المياه الجوفية بالماء
 $R = \text{Discharge/unit area} \rightarrow \text{Velocity units (mm/day)}$ 
2- Drain discharge rate (q) معدل دخول المياه للمصارف

## Steady state flow حالة التدفق الثابت

### 1- Donan equation or Ellipse equation "معادلة دونان"

تستخدم لتحديد المسافة بين المصارف الحقلية المكشوفة

## "Spacing between ditches"



المسافة بين المصارف

D: عَمِيقُ الْمَاءِ فِي الْمَصَارِفِ

h: ارتفاع منسوب الماء الجوفي فوق مستوى الماء

في المصرف

R: معدل التساقط على سطح الأرض

q: معدل صرف الماء

$$Q_x = q_x A$$

$$q = R$$

$$A = (L/2 - X) \times 1$$

$$Q_x = R (L/2 - X) \rightarrow \textcircled{1}$$

وكذلك يمكن تطبيق قانون دارسي Darcy's la. لحساب التصرف الذي

يمر الى المصرف الحقل كالاتي:

13



$$Q_x = k.A.i \quad i = \text{hydraulic gradient} = \frac{dy}{dx}$$

$$Q_x = k.(y \times 1) \cdot \frac{dy}{dx} \rightarrow \textcircled{2}$$

K = hydraulic conductivity للتربة الهيدروليكي

From 1 , 2

$$k.y \cdot \frac{dy}{dx} = R (L/2 - X)$$

$$\therefore k.y.dy = R (L/2 - X)dx$$

$$k \int y.dy = R \int (L/2 - X) dx$$

عن طريق اجراء التكامل من:

$$\text{For } x = 0 \Rightarrow y = D$$

$$\text{For } x = L/2 \Rightarrow y = H$$

$$\therefore k \int_D^H y.dy = R \int_0^{L/2} (L/2 - X) dx$$

$$k \left[ \frac{y^2}{2} \right]_D^H = R \left[ \frac{Lx}{2} - \frac{X^2}{2} \right]_0^{L/2}$$

$$K [H^2 - D^2] = R \left[ \frac{L^2}{2} - \frac{L^2}{4} \right]$$

$$\therefore k [H^2 - D^2] = R \left[ \frac{L^2}{4} \right]$$

$$\therefore L^2 = \frac{4K(H^2 - D^2)}{R}$$

Donan equation

(4)

$$H = D + h$$

$$H^2 = D^2 + 2Dh + h^2$$

$$\therefore L^2 = \frac{4K(D^2 + 2Dh + h^2 - D^2)}{R}$$

$$L^2 = \frac{8 K.D.h + 4 K.h^2}{R}$$

بوضع "D=0" في المعادلة وذلك باعتبار عدم وجود مياه في المصرف (المصرف جاف) :

$$\therefore L^2 = \frac{4 K.h^2}{R}$$

بينما إذا كانت قيمة "D" كبيرة جداً بالمقارنة بـ "h" تصبح المعادلة كالآتي:

$$\therefore L^2 = \frac{8 K.D.h}{R}$$

وإذا كانت التربة تتكون من طبقتين "Two-layered soil" بحيث يكون المصرف في المنطقة الفاصلة بين الطبقتين فإنه يمكن كتابة المعادلة كالآتي:

$$L^2 = \frac{8 K_b.D.h + 4 K_a.h^2}{R}$$

$K_a$  = hydraulic conductivity of layer above drain level.

$K_a$  = معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة "أعلى" منسوب المصرف.

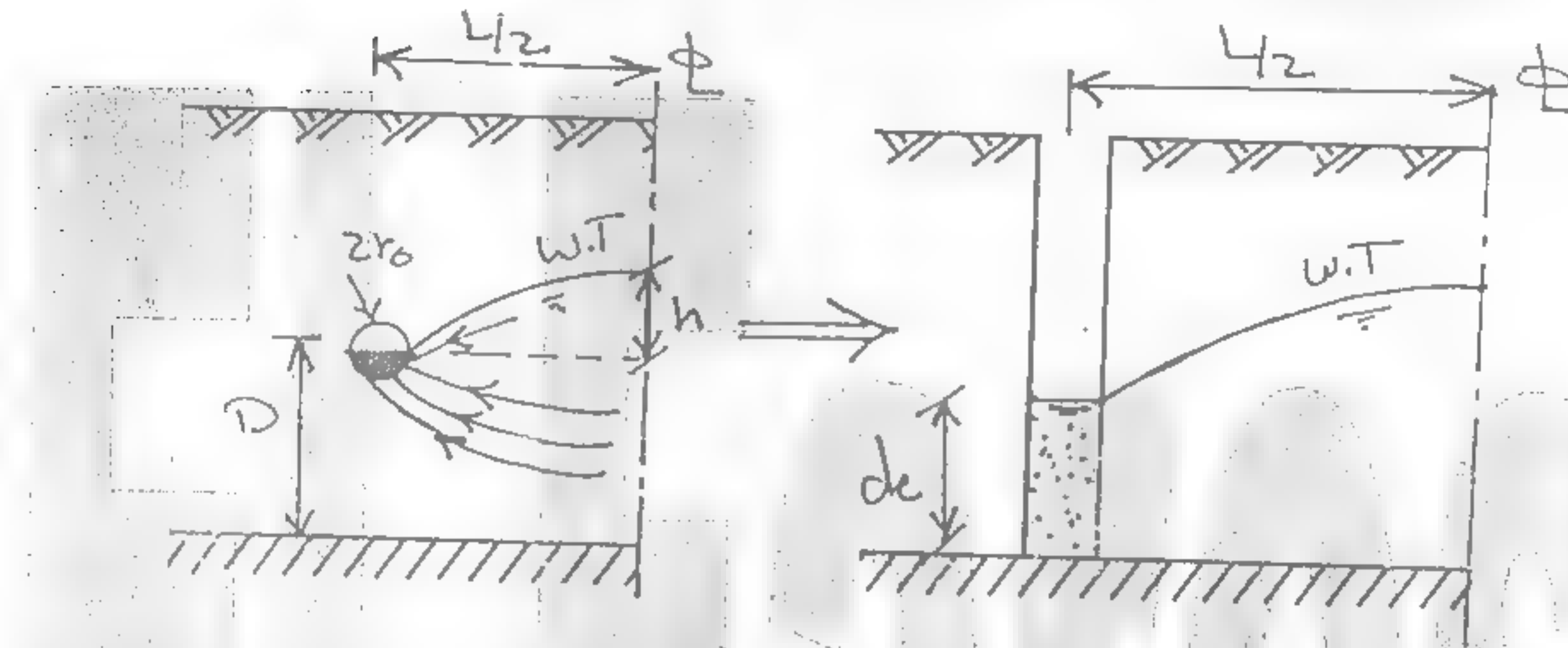
$K_b$  = hydraulic conductivity of layer below drain level.

$K_b$  = معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة "أسفل" منسوب المصرف.



2- Hooghoudt equation معادلة "هوخاوت"الفروض (Assumptions)

- 1- التربة متجانسة ومعامل التوصيل الهيدروليكي لها  $K$ .
- 2- الطبقة الصماء تقع تحت المصرف بمسافة مقدارها  $D$ .
- 3- يمكن تطبيق قانون "دراسي" على سريان المياه خلال التربة.
- 4- معدل صرف الماء من الأرض يساوي معدل دخولها الأرض.



عندما تكون المصارف مغطاة لا تصل إلى الطبقة الصماء فإن خطوط سريان المياه إليها تصبح منحنية أو شعاعية "Radial" مما أدى إلى قيام العالم "هوخاوت Hooghoudt" باستبدال قيمة العمق " $D$ " في معادلة "دونان" بقيمة أخرى تسمى العمق المكافئ " $d_e$ ".

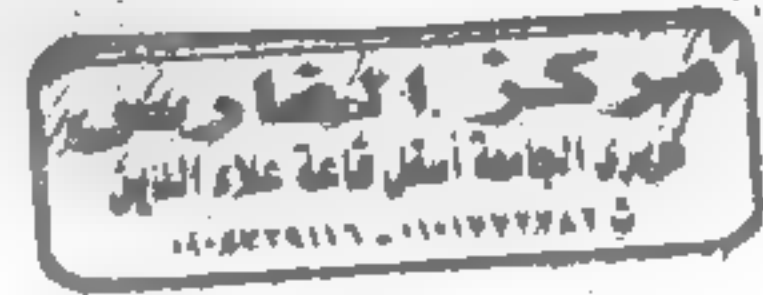
$$L^2 = \frac{8 K_b \cdot d_e \cdot h + 4 K_a \cdot h^2}{q}$$

(الطبقة الصماء قريبة من المصرف) :  $D/L \leq 0.3$

$$d_e = \frac{D}{1 + \frac{D}{L} [2.55 \ln \frac{D}{r_0} - 3.4]}$$

(الطبقة الصماء بعيدة عن المصرف) :  $D/L > 0.3$

$$d_e = \frac{L}{2.55 \left[ \ln \frac{L}{r_0} - 1.15 \right]}$$



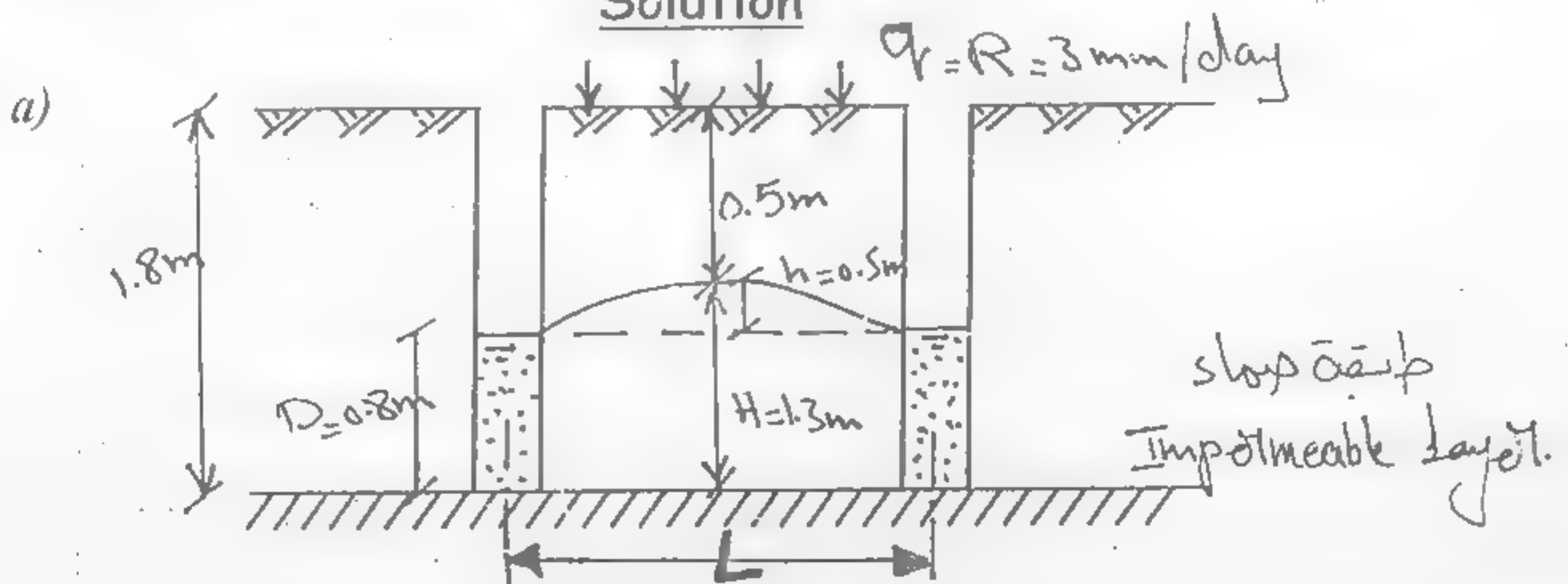
### Exercise No.2

#### Question 1:

An impermeable layer exists at a depth of 1.8 m. what would be the drain spacing which prevents the water table to rise closer than 0.50 m from the soil surface when a steady rate of rainfall equals 3 mm/day prevails? The hydraulic conductivity of the soil = 0.8 m/day.

- When parallel ditches with vertical walls reaching the impermeable layer are used and the height of water in the drains is 0.8 m.
- When tile drains with 0.1 m diameter are installed at a depth of 1.0 m below the soil surface.

#### Solution





$K$  = Hydraulic conductivity of the soil = 0.8 m/day

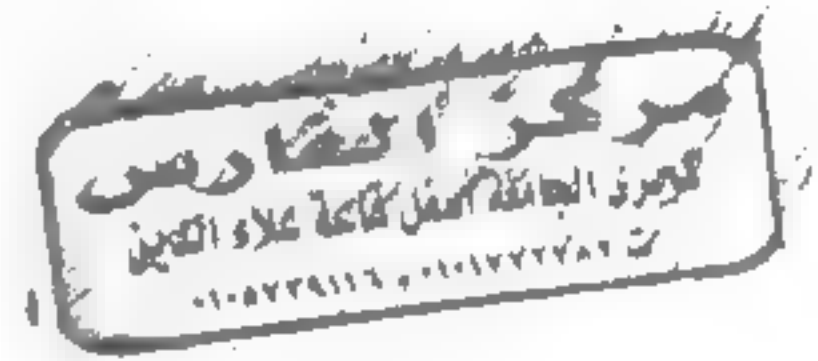
$R$  = Rain fall =  $3 \times 10^{-3}$  m/day

Using Donan equation:

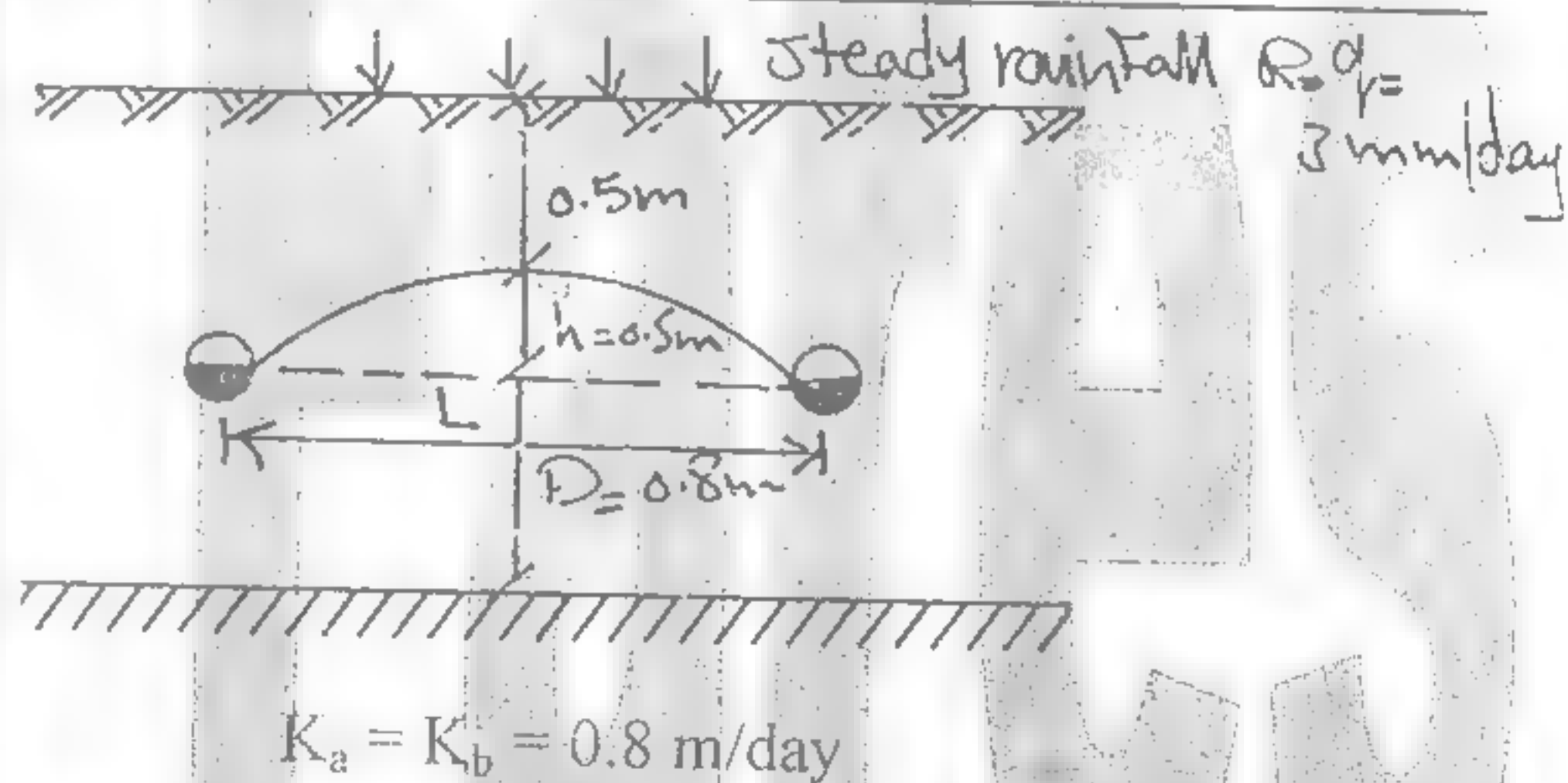
$$L^2 = \frac{4 K (H^2 - D^2)}{R}$$

$$L^2 = \frac{4 * 0.8 (1.3^2 - 0.8^2)}{3 * 10^{-3}}$$

$$L = 33.5 \text{ m}$$



b)



Using Hooghoudt equation:

$$L^2 = \frac{8 K_b d_e h + 4 K_a h^2}{q}$$

$$L^2 = \frac{8 * 0.8 * d_e * 0.5 + 4 * 0.8 * 0.5^2}{3 * 10^{-3}}$$

$$L^2 = 1066.67 d_e + 266.67 \rightarrow (1)$$

$$\therefore L = \sqrt{1066.67 d_e + 266.67} \rightarrow (2)$$

(8)

Assume (بفرض)  $D/L \leq 0.3$

$$d_e = \frac{D}{1 + \frac{D}{L} \left[ 2.55 \ln \frac{D}{r_o} - 3.4 \right]}$$

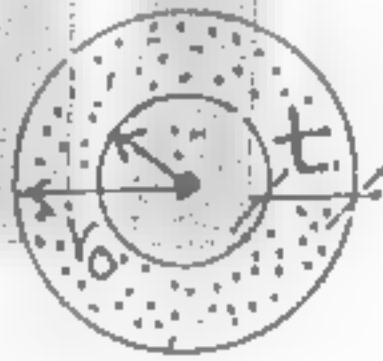
$$d_e = \frac{0.8}{1 + \frac{0.8}{L} \left[ 2.55 \ln \frac{0.8}{0.05} - 3.4 \right]} = \frac{0.8}{1 + \frac{2.9361}{L}} = \frac{0.8 L}{L + 2.9361} \rightarrow (3)$$

$L_{\text{assumed}}$	$D/L$	$d_e$	$L$
30	0.027	0.729	32.31
32.31	0.025	0.733	32.39
32.39		0.734	32.39

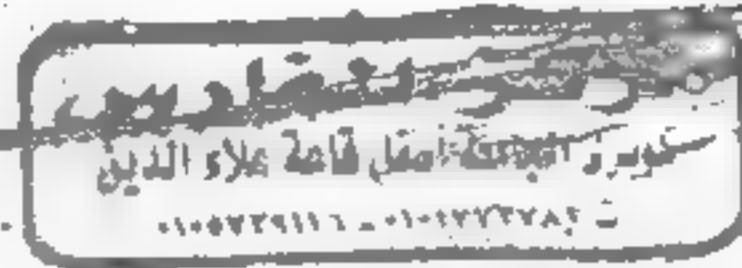
$$\therefore L = 32.39 \text{ m}$$

ملاحظة .

إذا كان المصرف المغطى نصف قطره ( $r$ ) ومحاط " بمرشح envelope " سمكه ( $t$ ) فإن ( $r_o$ ) التي تستخدم في القانون هي :



$$r_o = r + t$$

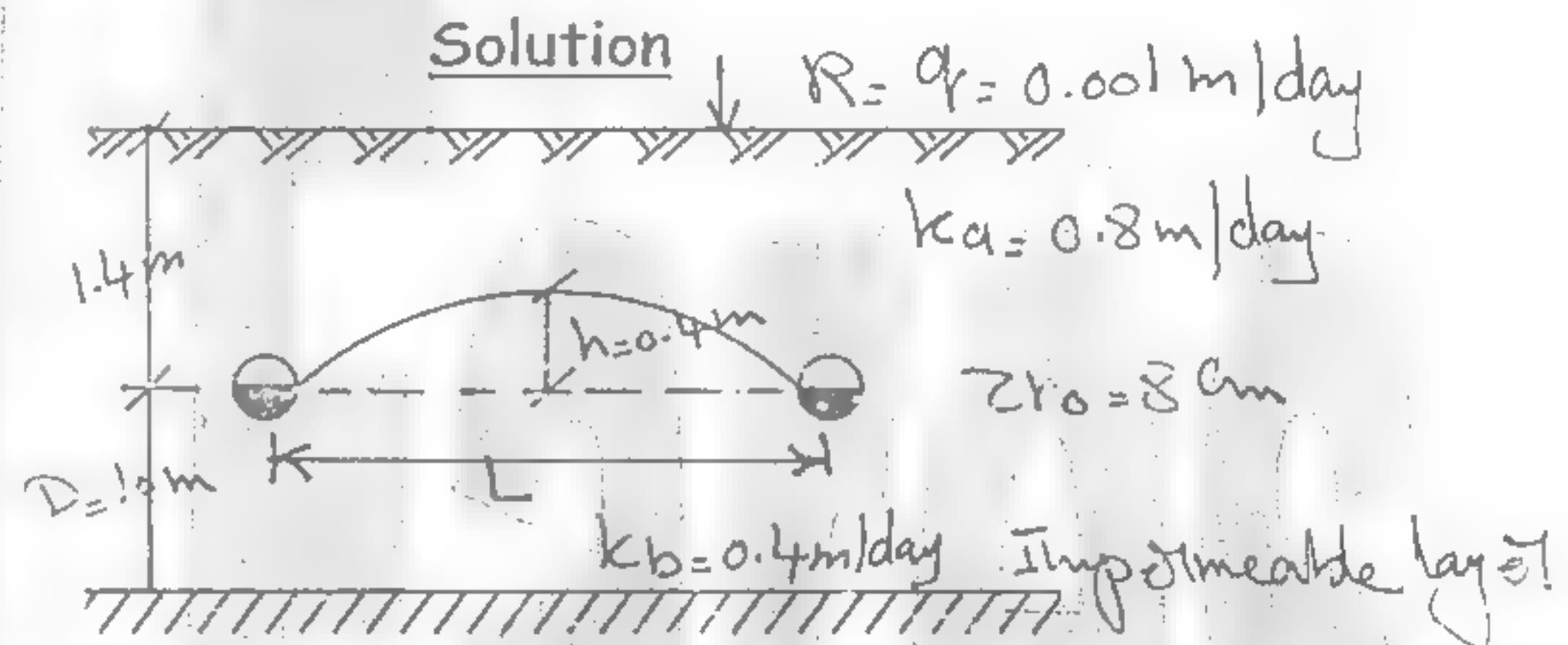


[9]



Question 2:

Compute the drain spacing when pipes 8 cm diameter are used and installed at 1.40 m below soil surface and 10 m above impermeable layer if the hydraulic conductivity of the soil above drain level is 0.80 m/day and below the drains 0.40 m/day. The water table height above drain level should not exceed 0.40 m due to steady rainfall of 0.001 m/day.



Hooghout equation:

$$L^2 = \frac{8 K_b d_e h + 4 K_a h^2}{q}$$

$$L^2 = \frac{8 * 0.4 * d_e * 0.4 + 4 * 0.8 * 0.4^2}{0.001}$$

$$\therefore L = \sqrt{1280 d_e + 512}$$

Assume  $D/L \leq 0.3$

$$d_e = \frac{D}{1 + \frac{D}{L} \left[ 2.55 \ln \frac{D}{r_o} - 3.4 \right]}$$

(10)

$$d_e = \frac{10}{1 + \frac{10}{L} \left[ 2.55 \ln \frac{10}{0.04} - 3.4 \right]} = \frac{10}{1 + \frac{106.797}{L}}$$

$L_{\text{assumed}}$	$D/L$	$d_e$	$L$
50	0.2	3.18884	67.78
75	0.133	4.12548	76.11
76.5		4.17355	76.51
76.51		4.17387	76.51

$$\therefore L = 76.51 \text{ m}$$

#### Question 4:

The water table height above drain level midway between drains was measured and also the corresponding discharge of the drain per unit length. The results were as follows:

$h \text{ (m)}$	0.9	0.8	0.7	0.62	0.48	0.4	0.25
$(Q \times 10^{-3})$ (liter/sec/m)	1.34	1.16	1.02	0.88	0.65	0.56	0.32

What are the hydraulic conductivity of the soil and the depth of impermeable layer below the drain if the drain spacing is 40 m and the drain effective diameter is 0.20 meter?

#### Solution

(q) في معادلة (Hooghoudt) على الصورة  $(q_{\text{m/day}})$ .





$$Q_{(m^3/day/m)} = \frac{Q_{(l/sec/m)} * 24 * 60 * 60}{1000}$$

$$Q = q \cdot L \Rightarrow q_{(m/day)} = \frac{Q_{(m^3/day/m)}}{L(=40m)}$$

h (m)	0.9	0.8	0.7	0.62	0.48	0.4	0.25
$Q * 10^{-3} (l/sec/m)$	1.34	1.16	1.02	0.88	0.65	0.56	0.32
$Q * 10^{-3} (m^3/day/m)$	115.78	100.22	88.13	76.03	56.16	48.38	27.65
$q * 10^{-3} (m/day)$	2.89	2.51	2.2	1.9	1.4	1.21	0.69
$(q * 10^{-3}) / h (day^{-1})$	3.21	3.14	3.14	3.06	2.92	3.03	2.76

$$L^2 = \frac{8 K d_e h + 4 K h^2}{q}$$

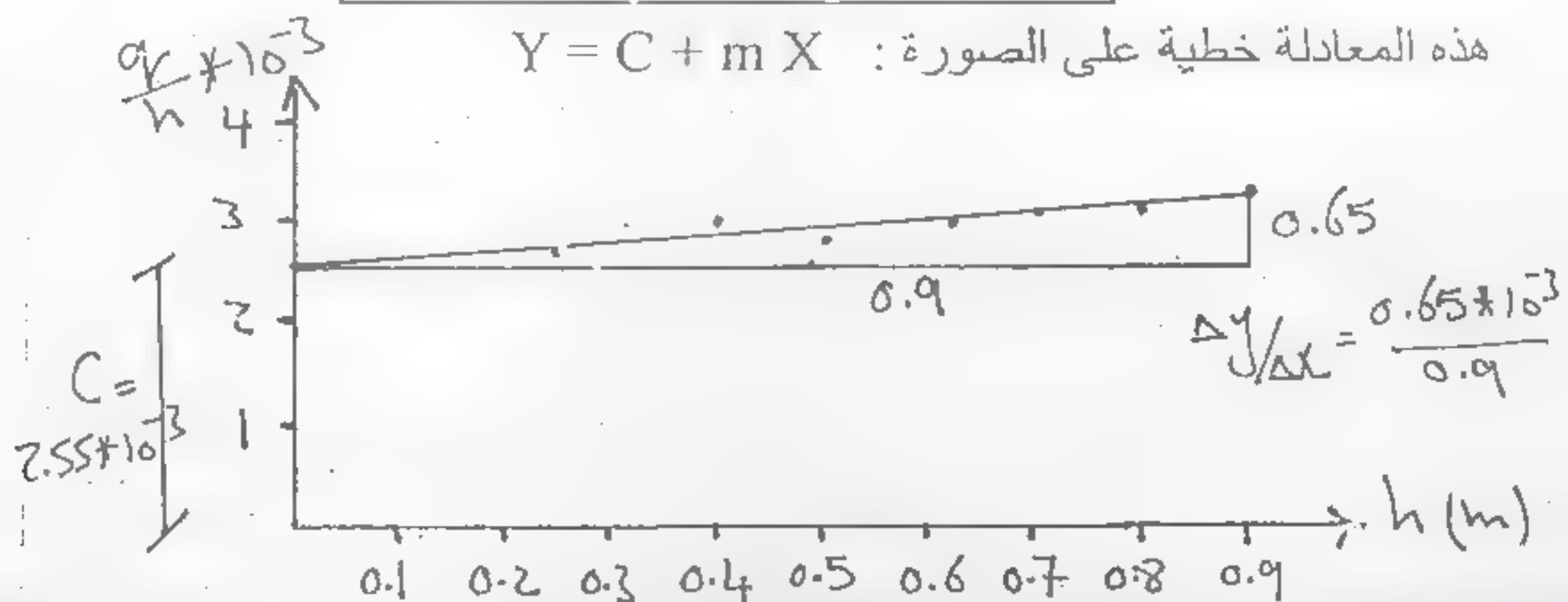
Hooghout

$$q = \frac{8 K d_e h + 4 K h^2}{L^2}$$

$$\frac{q}{h} = \frac{8 K d_e + 4 K h}{L^2}$$

$$L^2 = 40^2$$

$$\frac{q}{h} = 0.005 K d_e + 0.0025 K h$$

هذه المعادلة خطية على الصورة:  $Y = C + m X$ 

$$C = \text{constant} = 0.005 K d_e$$

$$m = 0.0025 K = \text{Slope} = \tan \theta$$

$$\tan \theta = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{0.65 \times 10^{-3}}{0.9} = 0.0025 K$$

$$\therefore K = 0.289 \text{ m/day}$$

$$0.005 K d_e = 2.55 \times 10^{-3} \rightarrow d_e = 1.76 \text{ m}$$

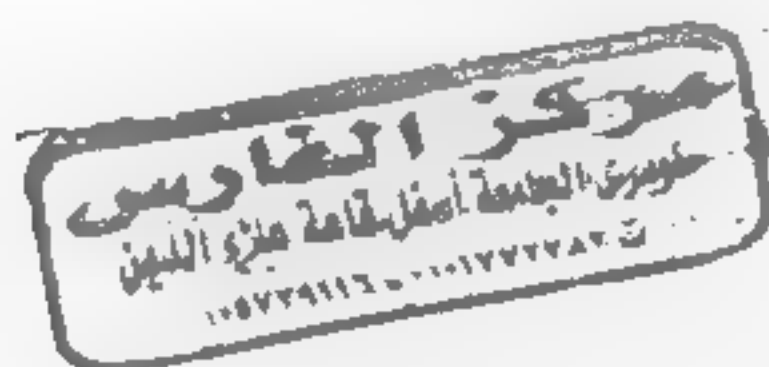
Assume  $D/L \leq 0.3$

$$d_e = \frac{D}{1 \pm \frac{D}{L} \left[ 2.55 \ln \frac{D}{r_o} - 3.4 \right]}$$

$$d_e = 1.76 = \frac{D}{1 + \frac{D}{40} \left[ 2.55 \ln \frac{D}{0.1} - 3.4 \right]}$$

$D_{\text{ass.}}$	$D/L$	$d_e$
1	0.025	0.9418
2	0.05	1.65
2.5	0.0625	1.9223
2.3	0.0575	1.8193
2.2	0.055	1.7649

$$\therefore D = 2.2 \text{ m}$$



13



# Irrigation & Drainage Engineering

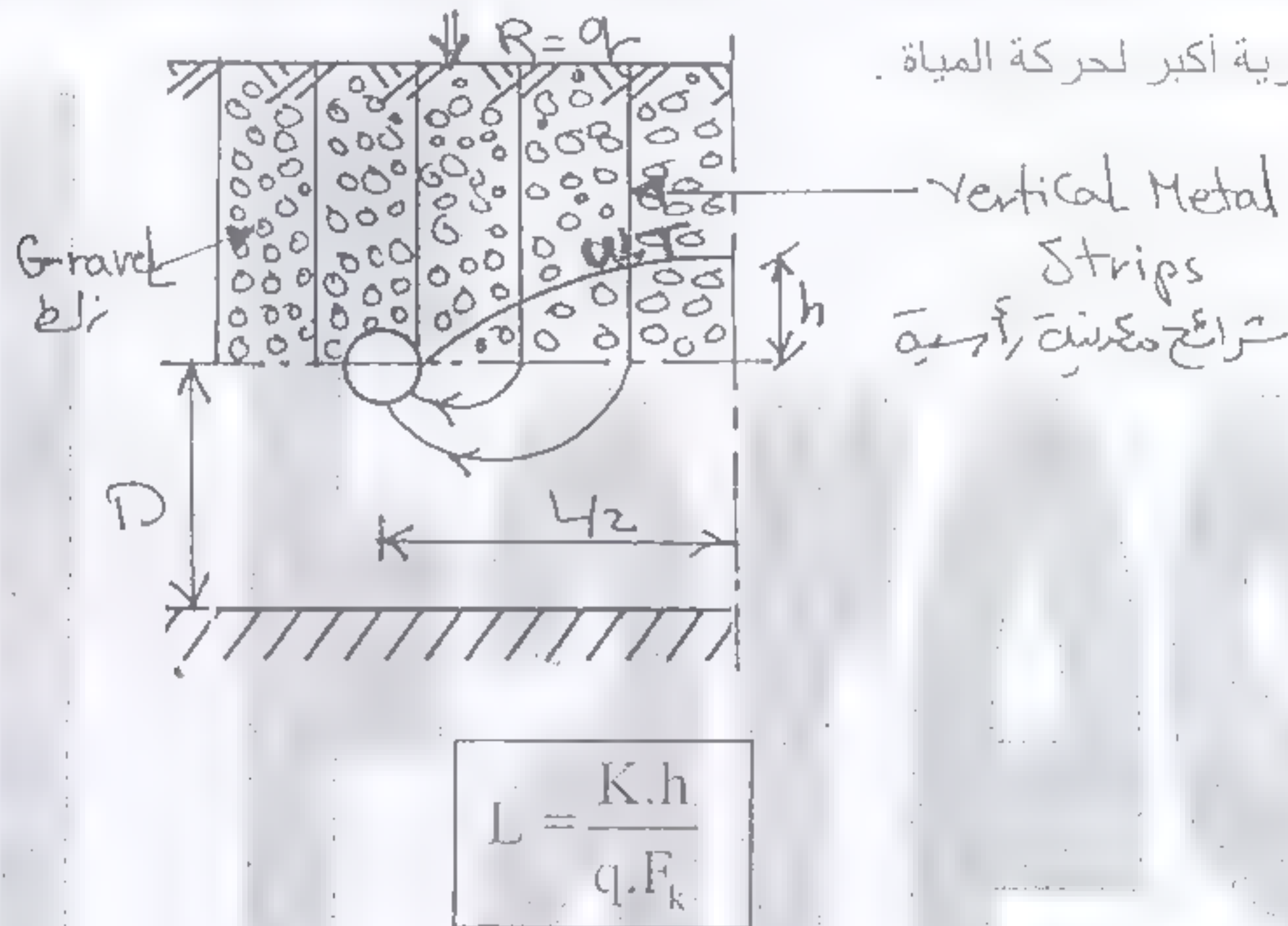
2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 3 مصرف

### 3- Kirkham equation : معادلة كيركهام

افتراض كيركهام عدم وجود فقد في الطاقة في المنطقة بين سطح الماء ومنسوب المصرف وعدم وجود تدفق أفقي للمياه إلى المصرف وذلك بان تخيل وجود عدد كبير من الشرائح المعدنية التي تمنع الحركة الأفقية . وفي نفس الوقت سمح بأكبر قدر من الحركة الرأسية للمياه إلى المصرف وذلك باستبدال التربة في المنطقة أعلى منسوب المصرف بحبيبات زلط من الحجم الكبير Coarse gravel والتي تعطي حرية أكبر لحركة المياه .



$F_k$  = معامل كيركهام ونحصل عليه من الجداول عن طريق  $(L/D)$  و  $(D/2r_0)$  وإذا كانت قيمة  $D$  كبيرة جداً :

$$F_k = \frac{1}{\pi} \ln \frac{L}{\pi r_0} \quad D/L > 0.25$$

بعد ذلك قام كيركهام بتصحيح معادلاته السابقة في الوضع الحقيقي وهو أن تلك المنطقة مملوءة بالتربة Soil .

$$L = \frac{k_b \cdot h}{q} \times \frac{1 - (q/k_d)}{F_k}$$



Values of  $F_k$  (Kirkham coefficient)

L/D	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
D/2r										
8192	2.725	2.691	2.653	2.611	2.562	2.504	2.433	2.341	2.212	1.992
4096	2.504	2.470	2.433	2.390	2.341	2.283	2.212	2.121	1.992	1.771
2048	2.283	2.250	2.212	2.170	2.121	2.063	1.992	1.900	1.771	1.550
1024	2.063	2.029	1.992	1.949	1.900	1.842	1.771	1.679	1.550	1.330
512	1.842	1.808	1.771	1.728	1.679	1.621	1.550	1.459	1.330	1.109
256	1.621	1.588	1.550	1.508	1.459	1.401	1.330	1.238	1.109	0.888
128	1.401	1.367	1.330	1.287	1.238	1.180	1.109	1.017	0.888	0.668
64	1.180	1.147	1.109	1.067	1.017	0.959	0.888	0.797	0.668	0.447
32	0.959	0.926	0.888	0.846	0.797	0.739	0.668	0.576	0.447	0.226
16	0.739	0.705	0.668	0.625	0.576	0.518	0.447	0.356	0.226	0.006
8	0.518	0.485	0.447	0.405	0.356	0.298	0.226	0.135	0.006	
4	0.298	0.264	0.226	0.184	0.135	0.077	0.006			
2	0.077	0.043	0.006							

L/D	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
D/2r										
8192	3.975	3.850	3.725	3.600	3.474	3.349	3.223	3.094	2.968	2.725
4096	3.754	3.629	3.504	3.379	3.254	3.129	3.003	2.873	2.727	2.504
2048	3.533	3.408	3.283	3.158	3.033	2.908	2.782	2.653	2.506	2.283
1024	3.313	3.188	3.063	2.938	2.813	2.687	2.561	2.432	2.286	2.062
512	3.092	2.967	2.842	2.717	2.592	2.467	2.341	2.211	2.065	1.842
256	2.871	2.746	2.621	2.496	2.371	2.246	2.120	1.991	1.844	1.621
128	2.651	2.526	2.401	2.276	2.151	2.025	1.900	1.770	1.624	1.401
64	2.430	2.305	2.180	2.055	1.930	1.805	1.679	1.549	1.403	1.180
32	2.209	2.084	1.959	1.834	1.709	1.584	1.458	1.329	1.182	0.959
16	1.989	1.864	1.739	1.614	1.489	1.364	1.238	1.108	0.962	0.739
8	1.768	1.643	1.518	1.393	1.268	1.143	1.017	0.887	0.741	0.518
4	1.546	1.421	1.296	1.171	1.047	0.921	0.796	0.666	0.520	0.298
2	1.322	1.197	1.072	0.948	0.823	0.698	0.573	0.445	0.300	0.077
1	1.085	0.961	0.838	0.714	0.591	0.469	0.346	0.221	0.078	
0.5	0.809	0.688	0.568	0.450	0.333	0.218	0.104			
0.25	0.429	0.322	0.217	0.117	0.023					

L/D	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
D/2r <sub>c</sub>										
8192	0.975	0.350	7.725	7.100	6.475	5.850	5.225	4.600	3.975	3.349
4096	0.754	0.129	7.504	6.879	6.254	5.629	5.004	4.379	3.754	3.129
2048	8.533	7.908	7.283	6.658	6.033	5.408	4.783	4.158	3.533	2.908
1024	0.313	7.680	7.063	6.438	5.813	5.188	4.563	3.938	3.313	2.687
512	0.092	7.467	6.842	6.217	5.592	4.967	4.342	3.717	3.092	2.467
256	7.871	7.246	6.621	5.996	5.371	4.746	4.121	3.496	2.871	2.246
128	7.651	7.026	6.401	5.776	5.151	4.526	3.901	3.276	2.651	2.025
64	7.430	6.805	6.180	5.555	4.930	4.305	3.680	3.055	2.430	1.805
32	7.209	6.584	5.959	5.334	4.709	4.084	3.459	2.834	2.209	1.584
16	6.989	6.364	5.739	5.114	4.489	3.864	3.239	2.614	1.989	1.364
8	6.768	6.143	5.518	4.893	4.268	3.643	3.018	2.393	1.768	1.143
4	6.546	5.921	5.296	4.671	4.046	3.421	2.796	2.171	1.546	0.921
2	6.319	5.694	5.070	4.445	3.820	3.195	2.570	1.945	1.322	0.698
1	6.077	5.452	4.827	4.203	3.578	2.954	2.330	1.707	1.085	0.469
0.5	5.774	5.150	4.526	3.903	3.280	2.658	2.034	1.420	0.809	0.218
0.25	5.290	4.669	4.049	3.431	2.815	2.202	1.595	1.000	0.479	

L/D	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
D/2r <sub>c</sub>										
8192	15.224	13.974	12.724	11.475	10.225	8.975	7.725	6.475	5.225	3.975
4096	15.004	13.754	12.504	11.254	10.004	8.754	7.504	6.254	5.004	3.754
2048	14.783	13.533	12.283	11.033	9.783	8.533	7.283	6.033	4.783	3.533
1024	14.563	13.313	12.063	10.813	9.563	8.313	7.063	5.813	4.563	3.313
512	14.342	13.092	11.842	10.592	9.342	8.092	6.842	5.592	4.342	3.092
256	14.121	12.871	11.621	10.371	9.121	7.871	6.621	5.371	4.121	2.871
128	13.901	12.651	11.401	10.151	8.901	7.651	6.401	5.151	3.901	2.651
64	13.680	12.430	11.180	9.930	8.680	7.430	6.180	4.930	3.680	2.430
32	13.459	12.209	10.959	9.709	8.459	7.209	5.959	4.709	3.459	2.209
16	13.239	11.989	10.739	9.489	8.239	6.989	5.739	4.489	3.239	1.989
8	13.018	11.768	10.518	9.268	8.018	6.768	5.518	4.268	3.018	1.768
4	12.796	11.546	10.296	9.046	7.796	6.546	5.296	4.046	2.796	1.546
2	12.569	11.319	10.069	8.819	7.569	6.319	5.070	3.820	2.570	1.322
1	12.325	11.076	9.826	8.576	7.326	6.077	4.827	3.578	2.330	1.085
0.5	12.019	10.770	9.520	8.271	7.022	5.774	4.526	3.280	2.136	0.809
0.25	11.520	10.273	9.025	7.779	6.533	5.290	4.049	2.815	1.595	0.479



### Examples

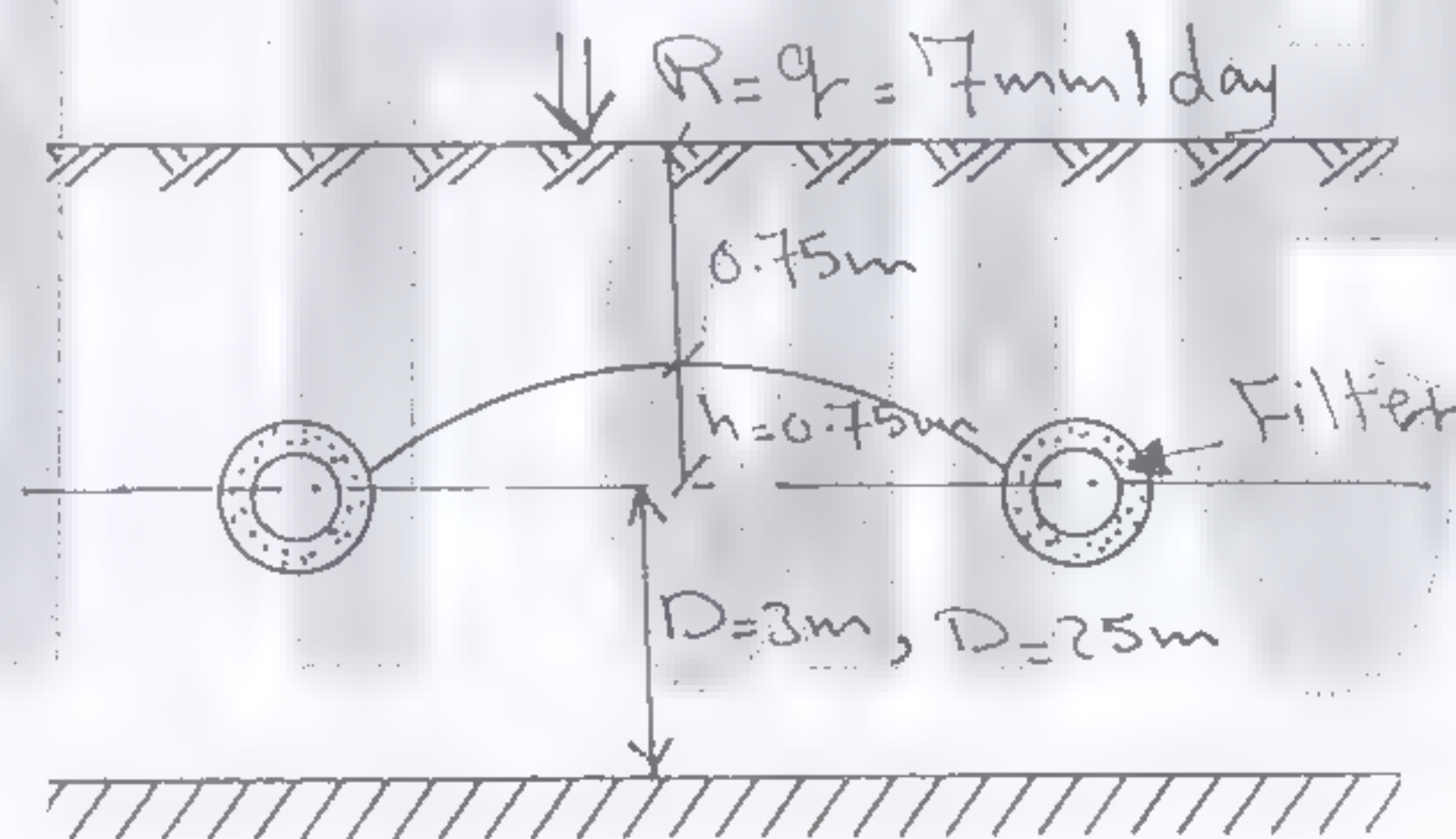
Compare the spacing between drains in steady state condition when computed with Hooghoudt equation and Kirkham equation, when the rate of precipitation is 7 mm/day, the soil hydraulic conductivity is 1.0 m/day and the effective diameter of the drain is 0.10 m, and 5 cm of gravel envelope is used around the pipes. The drain depth is 1.5 m and the depth of an impermeable layer below drains is as follows:

a) 3 m

b) 25 m

Assuming that maximum water table height above drain level in all cases = 0.75 m.

#### Solution



Radius of drain =  $r = 0.05$  m

Thickness of envelope =  $t = 0.05$  m

$$\therefore r_0 = r + t = 0.05 + 0.05 = 0.1 \text{ m}$$

(1) Using Hooghoudt Equation :a)  $D = 3\text{m}$ 

$$L^2 = \frac{8 k_h d_e h + 4 k_a h^2}{q} = \frac{8 * 1 * d_e * 0.75 + 4 * 1 * 0.75^2}{7 * 10^{-3}}$$

$$\therefore L^2 = 857.14 d_e + 321.42$$

$$\therefore L = \sqrt{857.14 d_e + 321.42}$$

For  $D/L \leq 0.3$ :

$$d_e = \frac{D}{1 + \frac{D}{L} [2.55 \ln(\frac{D}{r_o}) - 3.4]} = \frac{3}{1 + \frac{3}{L} [2.55 \ln(\frac{3}{0.1}) - 3.4]}$$

$$d_e = \frac{3}{1 + \frac{15.819}{L}}$$

$L_{\text{assumed}}$	$D/L$	$d_e$	$L$
40	0.075	2.149	46.519
46.80	0.064	2.242	47.361
47.361	0.063	2.249	47.424
47.424	0.063	2.25	47.431
47.431	0.063	2.25	47.431

$$\therefore L = 47.43 \text{ m}$$



b)  $D = 25\text{m}$ 

$$L^2 = \frac{8 k_b d_e h + 4 k_a h^2}{q} = \frac{8 * 1 * d_e * 0.75 + 4 * 1 * 0.75^2}{7 * 10^{-3}}$$

$$\therefore L^2 = 857.14 d_e + 321.42$$

$$\therefore L = \sqrt{857.14 d_e + 321.42}$$

For  $D/L > 0.3$   $d_e = \frac{L}{2.55 \left( \ln\left(\frac{L}{r_0}\right) - 1.15 \right)} = \frac{L}{2.55 \left( \ln\left(\frac{L}{0.1}\right) - 1.15 \right)}$

$L_{\text{assumed}}$	$D/L$	$d_e$	$L$
60	0.41	4.484	64.538
66	0.37	4.845	66.889
67	0.37	4.904	67.27
67.4	0.37	4.928	67.42
67.43	0.37	4.93	67.433

$$\therefore L = 67.43\text{m}$$

(2) Using Kirkham equation:

a)  $D = 3\text{m}$ 

$$L = \frac{k_b \cdot h}{q} \times \frac{1 - (q/k_a)}{F_k}$$

$$L = \frac{0.75 * 1 * (1 - 7 * 10^{-3})}{7 * 10^{-3} * F_k} \Rightarrow L = \frac{106.39}{F_k}$$

$$\frac{D}{2r_0} = \frac{3}{2 * 0.1} = 15$$

$L_{\text{assumed}}$	$L/D$	$F_k$	$L$
30	10	1.989	53.49
40	13.33	2.4056	44.23
42	14	2.489	42.75
42.5	14.166	2.5098	42.4

$$\therefore L = 42.5 \text{ m}$$

**b)  $D = 25\text{m}$**

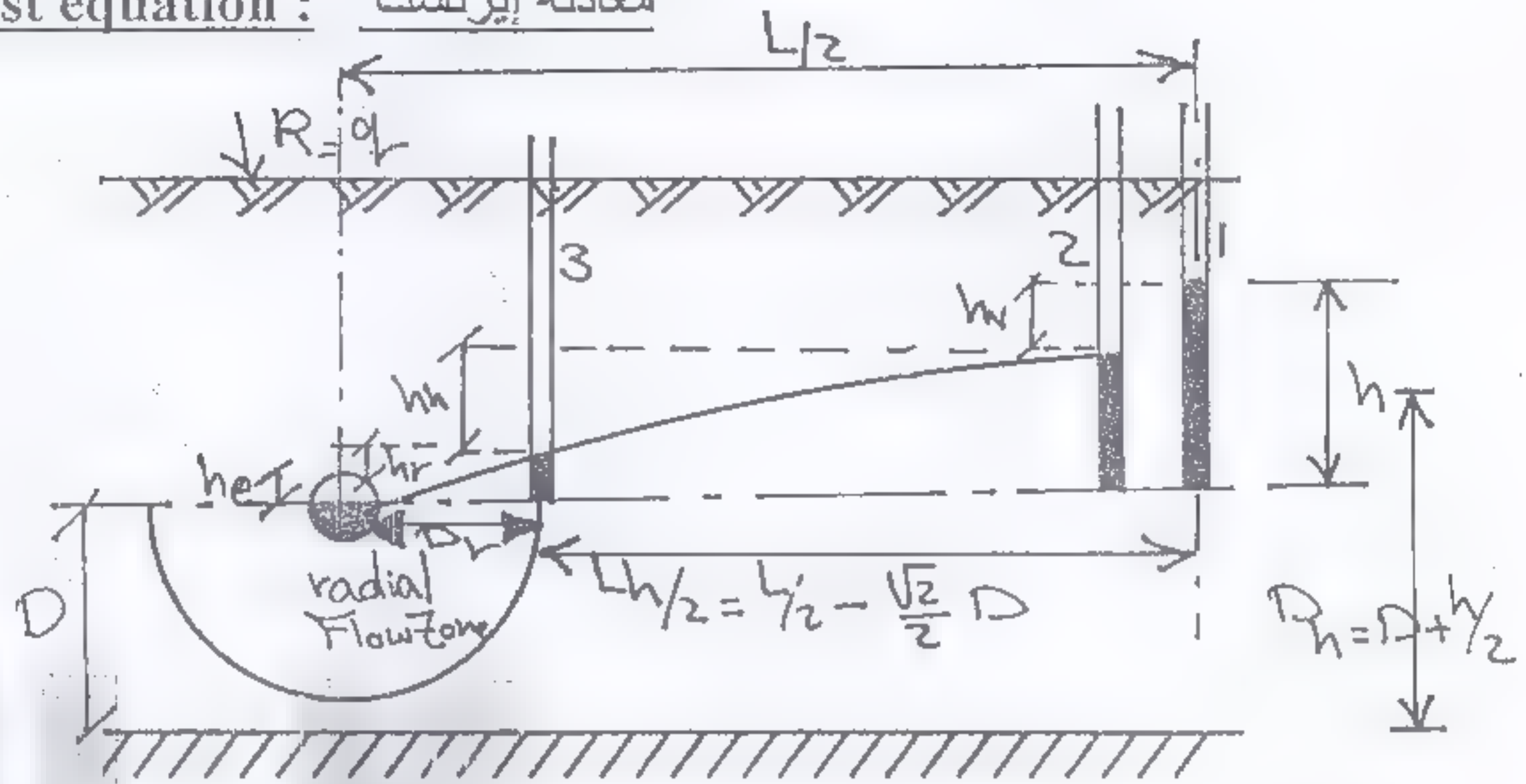
$$L_v = \frac{106.39}{F_k}, \quad \frac{D}{2 r_o} = \frac{25}{2 \times 0.1} = 125$$

$L_{\text{assumed}}$	$L/D$	$F_k$	$L$
50	2	1.624	65.51
60	2.4	1.682	63.24
62.5	2.5	1.697	62.69
62.65	2.506	1.698	62.66

$$\therefore L = 62.5 \text{ m}$$



## 4- Ernst equation : معادلة إيرنست



تعتمد معادلة " Ernst " علي حساب الفاقد الكلي " Total head loss " في طاقة الضغط للماء نتيجة تدفقه في اتجاه المصرف حيث يقسم ذلك الفاقد في الطاقة إلي :

- 1- فاقد في الطاقة ( $h_v$ ) نتيجة التدفق الرأسى للماء Vertical flow .
- 2- فاقد الطاقة ( $h_h$ ) نتيجة التدفق الأفقى للماء Horizontal flow .
- 3- فاقد في الطاقة ( $h_r$ ) نتيجة التدفق الشعاعى للماء Radial flow .
- 4- فاقد في الطاقة ( $h_e$ ) الذي يحدث لحظة دخول المياه إلي المصرف المغطى .

$$\text{Total head loss} = h = h_v + h_h + h_r + h_e$$

## 1- التدفق الرأسى vertical flow

\*سمك طبقة التربة التي يتحرك فيها الماء رأسياً " $D_v$ "

\*معامل التوصيل الهيدروليكي " $K_v$ "

$$h_v = \frac{q \cdot D_v}{K_v}$$

$h_v$  = فرق قراءة البيزومترين 1 ، 2

وتكون قيمة " $h_v$ " صغيرة جدا ويمكن إهمالها .

2- التدفق الأفقي : Horizontal flow

$h_h$  = الفرق بين قراءتي البيزومترين 2 ، 3

$$h_h = \frac{q \cdot L_h^2}{8k_h \cdot D_h} = \frac{q \cdot L_h^2}{8 \sum (KD)_h}$$

\*سمك طبقة التربة التي يتحرك فيها الماء أفقياً " $D_h$ "

\*طول المنطقة التي يحدث فيها السريان الأفقي " $L_h$ "

$$L_h = L - \sqrt{2} D$$

$$D_h = \bar{D} = D + h/2$$

$\sum (KD)_h$  = (Transmissivity) تسمى

محصله ( حاصل ضرب معامل التوصيل الهيدروليكي لكل طبقة من التربة \* سمكها ) وتستخدم عند وجود أكثر طبقة يحدث فيها السريان الأفقي.

3- التدفق الشعاعي : Radial flow

$$h_r = q \frac{L}{\pi \cdot K_r} \ln \frac{(a \cdot D_r)}{U}$$

$a$  = Geometric factor depends on homogeneity of soil.

$1=a$  معامل تعتمد قيمته علي درجة تجانس التربة وفي حالة التربة المتجانسة

$$D_r = \text{Depth of radial flow zone} = \frac{\sqrt{2}}{2} D$$

سمك طبقة التربة في منطقة التدفق الشعاعي

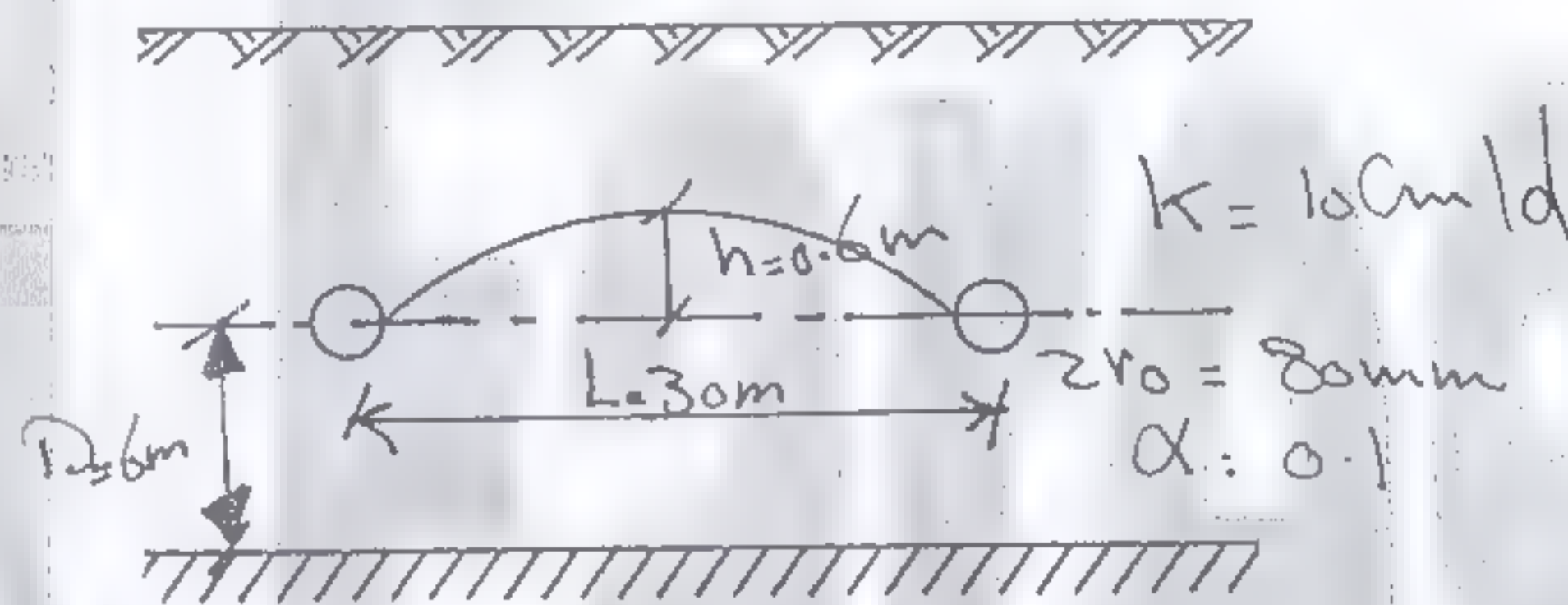
$U$  = wet perimeter of drain المحيط المبتل من المصرف المغطي





Example

A drain system was installed at a spacing of 30m in a soil with hydraulic conductivity of 10 cm/day. The depth of impermeable layer was 6 m below drains. What would be the value of the head loss at entry if corrugated plastic pipe of a diameter 80 mm and resistance factor 0.1 was used for steady water conditions inducing a water height 0.6 m midway between drains.

Solution

Hooghout equation:

$$L^2 = \frac{8 K_b d_e h + 4 K_a h^2}{q} \quad (1)$$

$$\underline{D/L = 6/30 = 0.2}$$

$$d_e = \frac{D}{1 + \frac{D}{L} \left[ 2.55 \ln \frac{D}{r_0} - 3.4 \right]}$$

$$d_e = \frac{6}{1 + \frac{6}{30} \left[ 2.55 \ln \frac{6}{0.04} - 3.4 \right]} = 2.0866\text{ m}$$



$$30^2 = \frac{8 * 0.1 * 2.0866 * 0.6 + 4 * 0.1 * 0.6^2}{q}$$

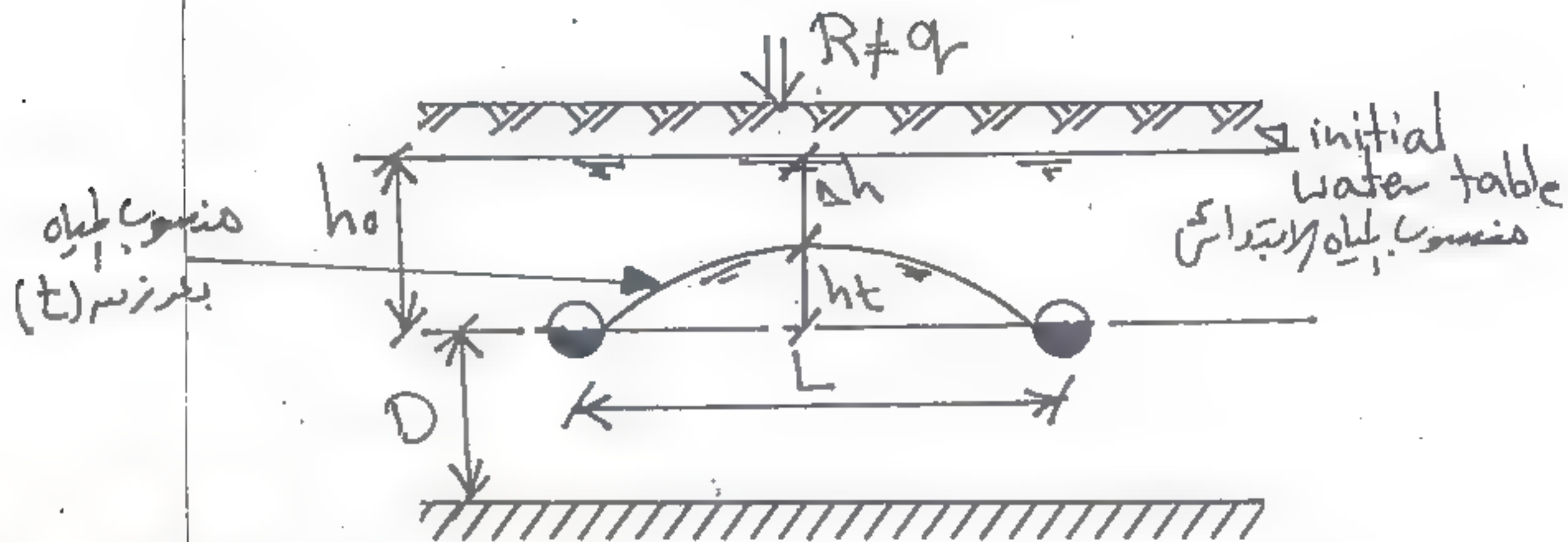
$$\therefore q = 0.00127 \text{ m/day}$$

$$Q = q * L = 0.00127 * 30 = 0.0381 \text{ m}^3/\text{day/m}$$

Entry losses

$$h_e = \frac{\alpha}{K_f} \cdot Q$$

$$h_e = \frac{0.1 * 0.0381}{0.1} = 0.0381 \text{ m}$$

Non-steady state flow حالة التدفق المتغير1- Glover Equation

$$L = \pi \left[ \frac{t \cdot de \cdot k}{fa} \right]^{\frac{1}{2}} \cdot \left[ \ln \left( 1.27 \frac{h_o}{h_t} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

2- Glover-Dumm Equation

$$L = \pi \left[ \frac{t \cdot de \cdot k}{fa} \right]^{\frac{1}{2}} \cdot \left[ \ln \left( 1.16 \frac{h_o}{h_t} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

إذا لم يرد في المسألة  
نستخدم هذه الطريقة  
(أكبر دقة)

$t$  = الزمن " بالأيام " الذي يهبط فيه سطح الماء الجوفي مسافة " $\Delta h$ "  
 $h_o$  = المسافة من سطح الماء الجوفي " الأفقي " بعد الري مباشرة حتى منسوب  
 المصرف.

$\Delta h$  = المسافة التي يهبطها سطح الماء الجوفي خلال المدة " $t$ ".

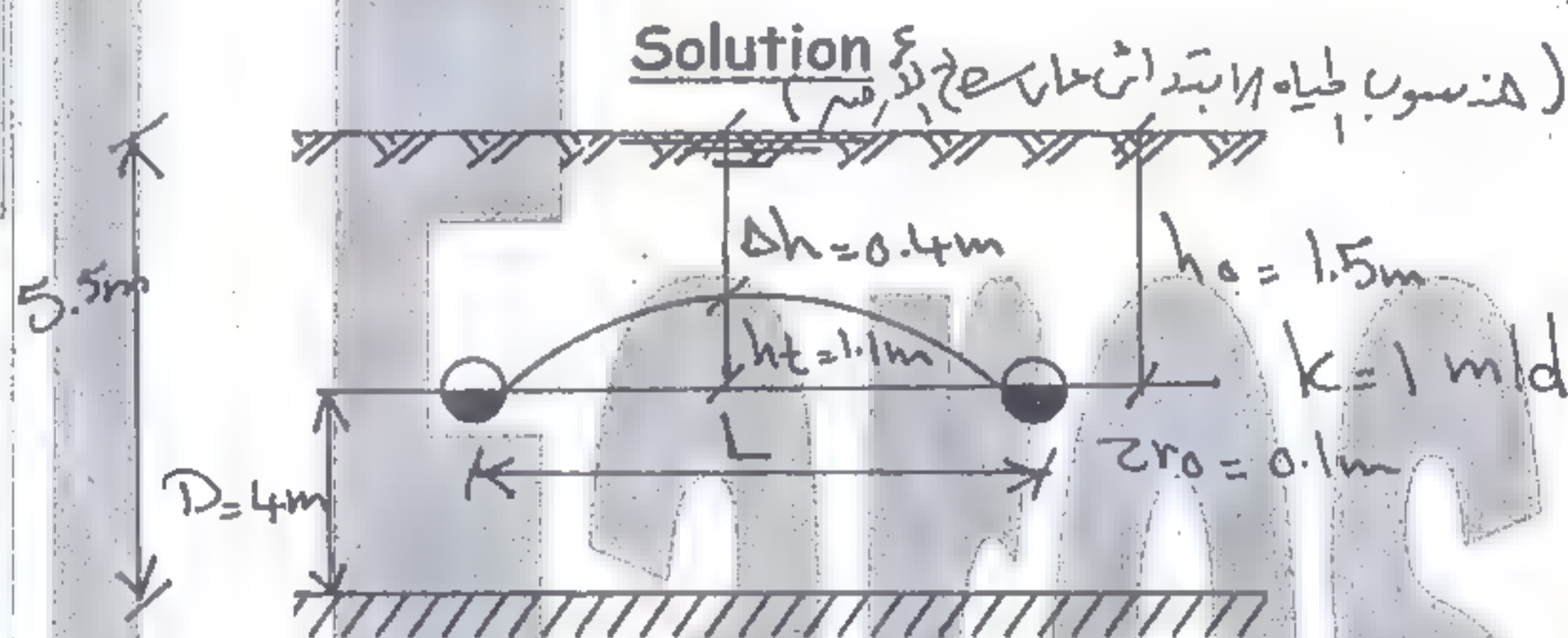
$h_t$  = المسافة من سطح الماء الجوفي " المنحني " بعد زمن " $t$ " حتى منسوب  
 المصرف المغطى.

$Fa$  = معامل مسامية الصرف drainable porosity.



### Examples

1- The water table is required to drop from soil surface to a depth of 0.4 m below soil surface in a 3-days period. The hydraulic conductivity is 1 m/day, the drainable porosity is 4% and the depth to the impermeable layer is 5.5m, the diameter of the drain is 0.1m and the drain depth is 1.50m. Compute the spacing between tile drains using Glover-Dumm equation.



$$L = \pi \left[ \frac{t \cdot de \cdot k}{fa} \right]^{\frac{1}{2}} \left[ \ln \left( 1.16 \frac{h_o}{h_t} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$L = \frac{\pi \left[ \frac{3 \cdot de \cdot 1}{0.04} \right]^{\frac{1}{2}}}{\left[ \ln \left( 1.16 \cdot \frac{1.5}{1.1} \right) \right]^{\frac{1}{2}}}$$

$$L = 40.1768 \sqrt{de}$$

For  $D/L \leq 0.3$ : 
$$de = \frac{D}{1 + \frac{D}{L} \left[ 2.55 \ln \left( \frac{D}{r_0} \right) - 3.4 \right]}$$

$$de = \frac{4}{1 + \frac{4}{L} \left[ 2.55 \ln \left( \frac{4}{0.05} \right) - 3.4 \right]} = \frac{4}{1 + \frac{31.09}{L}}$$

$L_{ass}$	$D/L$	$de$	$L$
30	0.13	1.9641	56.30
56.30	0.071	2.5769	64.49
64.49		2.6988	66.0
66.0		2.719	66.24
66.24		2.722	66.28

$$\therefore L = 66.2m$$

2- For an irrigated area provided with a tile drainage system, the following data are given:

Depth of tile drains below soil surface = 1.25m

Depth of impermeable layer below soil surface = 6.5m

Net deep percolation in irrigated area = 20mm

The hydraulic conductivity of soil = 0.8 m/day

The drainable porosity of soil  $f_a = 0.1$

Drain diameter  $2r_0 = 0.1m$

The distance between initial water table to the drain level

$$h_0 = 1m$$

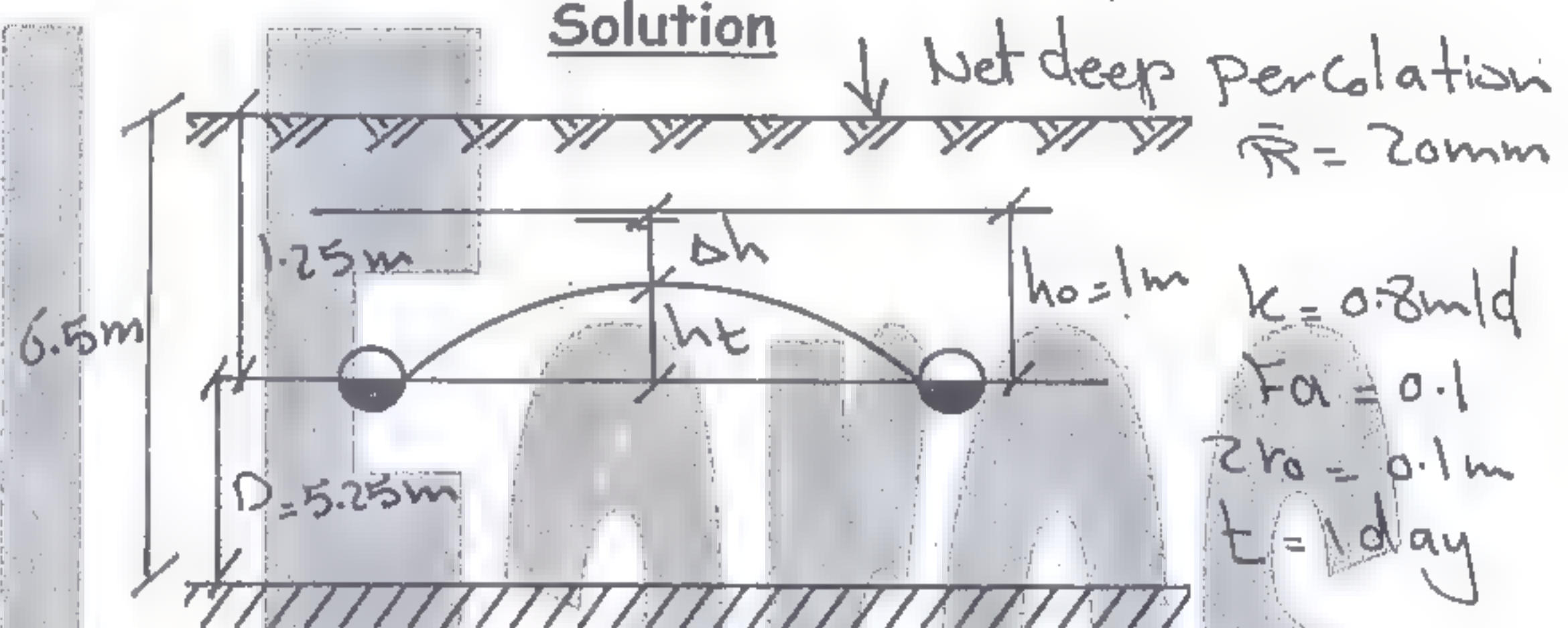
$t = 1$  day for lowering water table from  $h_0$  to  $h_t$



Considering non-steady flow conditions:

- Calculate the spacing  $L$  between the tile drains (using Glover-Dumm equation)
- Determine the depth of water table midway between drains and centerline of drains after four days since the begin of irrigation ( $t = 4$  days).

### Solution



Net deep percolation

$$\bar{R} = \Delta h \times F_a$$

$$\therefore 20 \times 10^{-3} = \Delta h \times 0.1 \Rightarrow \Delta h = 0.2\text{m}$$

$$\therefore h_t = h_o - \Delta h = 1 - 0.2 = 0.8\text{m}$$

$$a) L = \pi \left[ \frac{t \cdot de \cdot k}{fa} \right]^{\frac{1}{2}} \cdot \left[ \text{Ln} \left( 1.16 \frac{h_o}{h_t} \right) \right]^{\frac{1}{2}} = \frac{\pi \left[ \frac{t \cdot de \cdot k}{0.1} \right]^{\frac{1}{2}}}{\left[ \text{Ln} \left( 1.16 \frac{h_o}{h_t} \right) \right]^{\frac{1}{2}}}$$

1 day

0.8m/d

1m

0.8m

$$L = 14.5773 \sqrt{de}$$

For  $D/L \leq 0.3$ :

$$de = \frac{D}{1 + \frac{D}{L} \left[ 2.55 \ln \left( \frac{D}{r_o} \right) - 3.4 \right]}$$

$$de = \frac{5.25}{1 + \frac{5.25}{L} \left[ 2.55 \ln \left( \frac{5.25}{0.05} \right) - 3.4 \right]} \Rightarrow de = \frac{5.25}{1 + \frac{44.45}{L}}$$

$L_{ass.}$	$D/L$	$de$	$L$
30	0.17	2.115	21.20
21.20	0.24	1.6955	18.98
18.98	0.27	1.571	18.27
18.27	0.28	1.5294	18.02
18.02	0.29	1.5148	17.94
17.94	0.29	1.5097	17.91

$$\therefore L = 17.9m$$

$$b) L = \frac{\pi \left[ \frac{t \cdot de \cdot k}{fa} \right]^{\frac{1}{2}} \left[ \ln \left( 1.16 \frac{h_o}{h_t} \right) \right]^{\frac{1}{2}}}{\pi \left[ \frac{4 \cdot 1.509 \cdot 0.8}{0.1} \right]^{\frac{1}{2}}}$$

$$\therefore 17.9 = \left[ \ln \left( 1.16 \cdot \frac{1}{h_t} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\ln \left( 1.16 \cdot \frac{1}{h_t} \right) = 1.4881$$

$$1.16 \cdot \frac{1}{h_t} = 4.428706$$



$$\therefore h_t = 0.26 \text{ m}$$

منسوب الماء الجوفي في منتصف المسافة بين المصرفين بعد مرور أربعة أيام من بداية عملية الري يكون 0.26m.

**3- Calculate the drain spacing required to maintain the water table level below 1.0 m depth in an area of irrigated sugar cane and also the drain discharge for the following situation:**

**Irrigation interval 15 days**

**Irrigation quantity 133 mm**

**Drainage quantity 25% of the irrigation.**

**Soil factors:**

**Soil depth 3.5 m (depth from ground level to impervious clay)**

**Soil hydraulic conductivity 1.2 m/day**

**Moisture content at 1) saturation 52%**

**2) field capacity 47%**

**3) wilting point 35%**

**Drain factors:**

**The radius of the drain pipe and filter is 0.1 m and the average depth of the field drain is 2.0 m.**





$$L = \pi \left[ \frac{15 \times de \times 1.2}{0.05} \right]^{\frac{1}{2}} \times \left[ \ln \left( 1.16 \frac{1}{0.335} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$L = 53.48 \sqrt{de}$$

For  $D/L \leq 0.3$

$$de = \frac{D}{1 + \frac{D}{L} \left[ 2.55 \ln \left( \frac{D}{r_o} \right) - 3.4 \right]}$$

$$\therefore de = \frac{1.5}{1 + \frac{5.258}{L}}$$

$L_{ass.}$	$D/L$	$de$	$L$
30	0.05	1.276	60.418
60.41		1.379	62.82
62.82		1.381	62.91
62.91		1.384	62.93

$$\therefore L = 62.9$$

21  
170

# Irrigation & Drainage Engineering

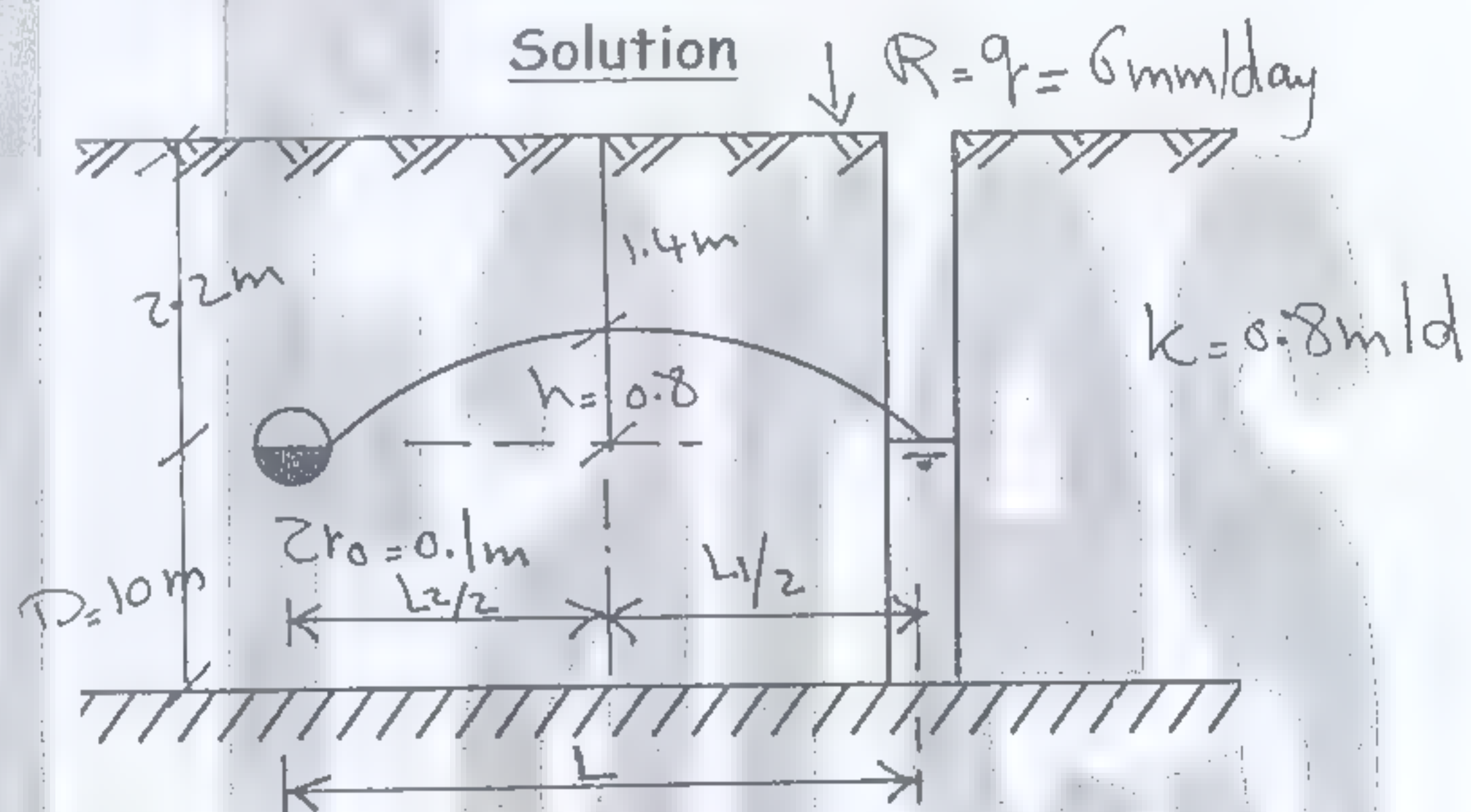
2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني



If the pipe shown in fig. 10cm diameter are used and installed with an open drain at 2.2m below soil surface and 10 m above impermeable layer if the hydraulic conductivity of the soil is 0.80 m/day. The water table height above drain level should not exceed 0.8 m due to steady rainfall of 6 mm/day.

- 1- Compute the spacing between tile and open drain.
- 2- Find the height and slope of water table at a distance of 10 m from tile and open drain.

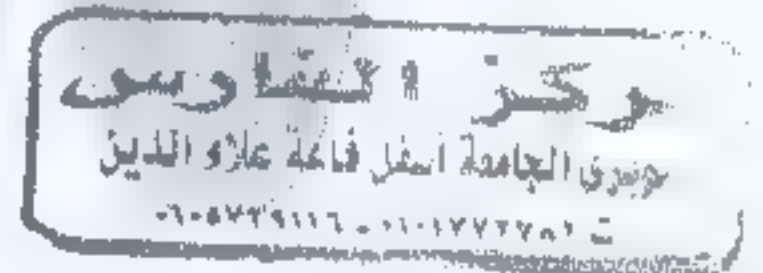


Open drain (Donan equation)

$$L_1^2 = \frac{8 K D h + 4 K h^2}{q}$$

$$L_1^2 = \frac{8 \times 0.8 \times 10 \times 0.8 + 4 \times 0.8 \times 0.8^2}{6 \times 10^{-3}}$$

$$L_1 = 94.2 \text{ m}$$



Tile drain (Hooghout equation)

$$L^2 = \frac{8 K_b d_e h + 4 K_a h^2}{q}$$

$$L^2 = \frac{8 * 0.8 * d_e * 0.8 + 4 * 0.8 * 0.8^2}{6 * 10^{-3}}$$

$$\therefore L = \sqrt{853.3 d_e + 341.3}$$

Assume  $D/L \leq 0.3$ 

$$d_e = \frac{D}{1 + \frac{D}{L} \left[ 2.55 \ln \frac{D}{r_0} - 3.4 \right]}$$

$$d_e = \frac{10}{1 + \frac{10}{L} \left[ 2.55 \ln \frac{10}{0.05} - 3.4 \right]} = \frac{10}{1 + \frac{101.1}{L}}$$

$L_{\text{assumed}}$	$D/L$	$L$
50	0.2	56.26
56.26		58.24
58.24		58.82
58.82		58.99

$$\therefore L_2 = 58.9 \text{ m}$$

$$\text{Spacing between drains} = \frac{94.2}{2} + \frac{58.9}{2} = 76.55 \text{ m}$$



At 10 m from tile drain

$$\frac{x^2}{(L/2)^2} + \frac{y^2}{h^2} = 1$$

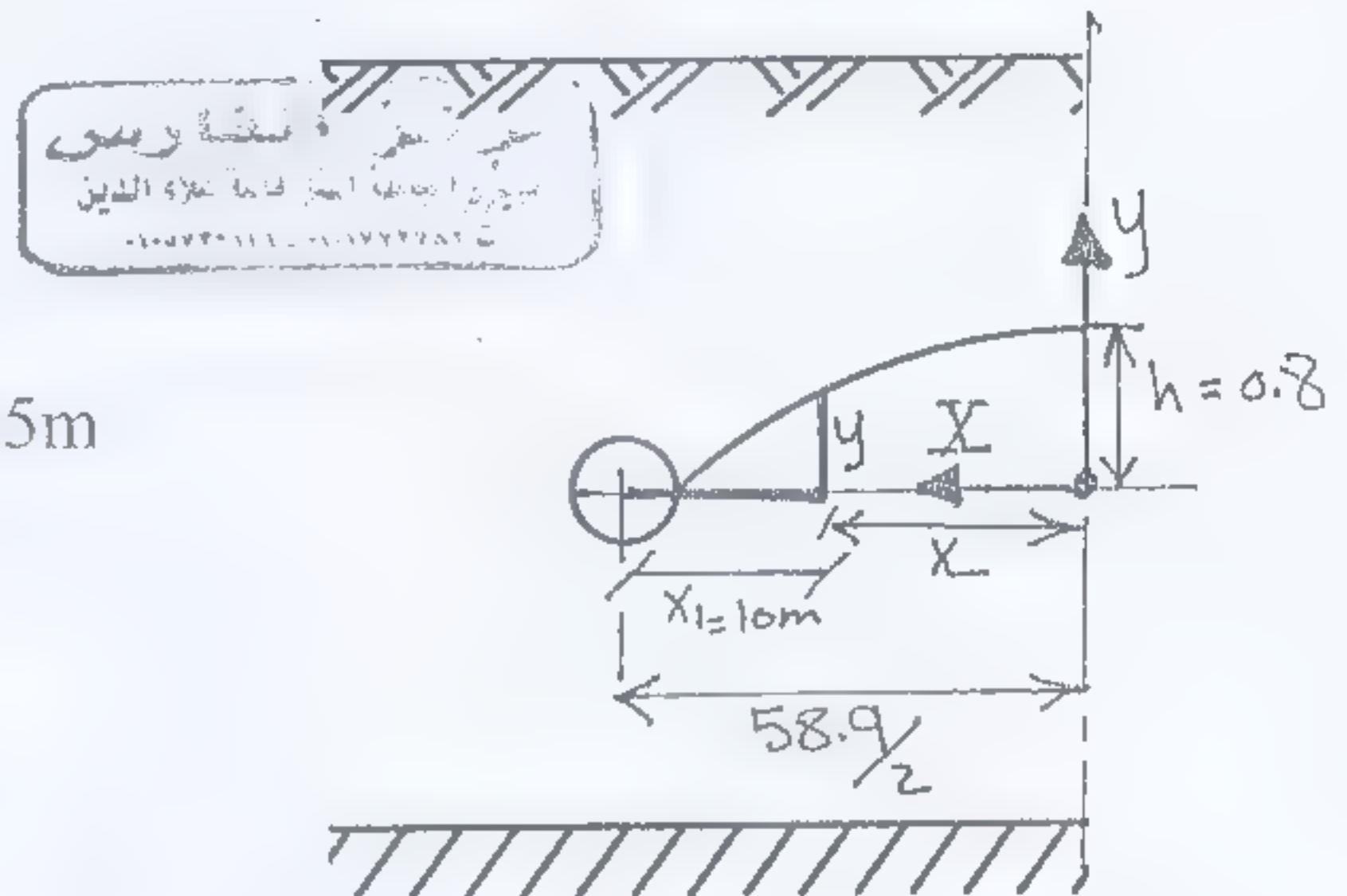
At  $x_1 = 10\text{m}$ 

$$x = (L/2) - x_1 = \frac{58.9}{2} - 10 = 19.45\text{m}$$

$$\frac{19.45^2}{29.45^2} + \frac{y^2}{0.8^2} = 1$$

$$y = 0.6\text{m}$$

$$\text{slope of water table} = \tan^{-1} \frac{y}{x_1} = 3.4^\circ$$

At 10 m from open drain

$$\frac{x^2}{(L/2)^2} + \frac{y^2}{h^2} = 1$$

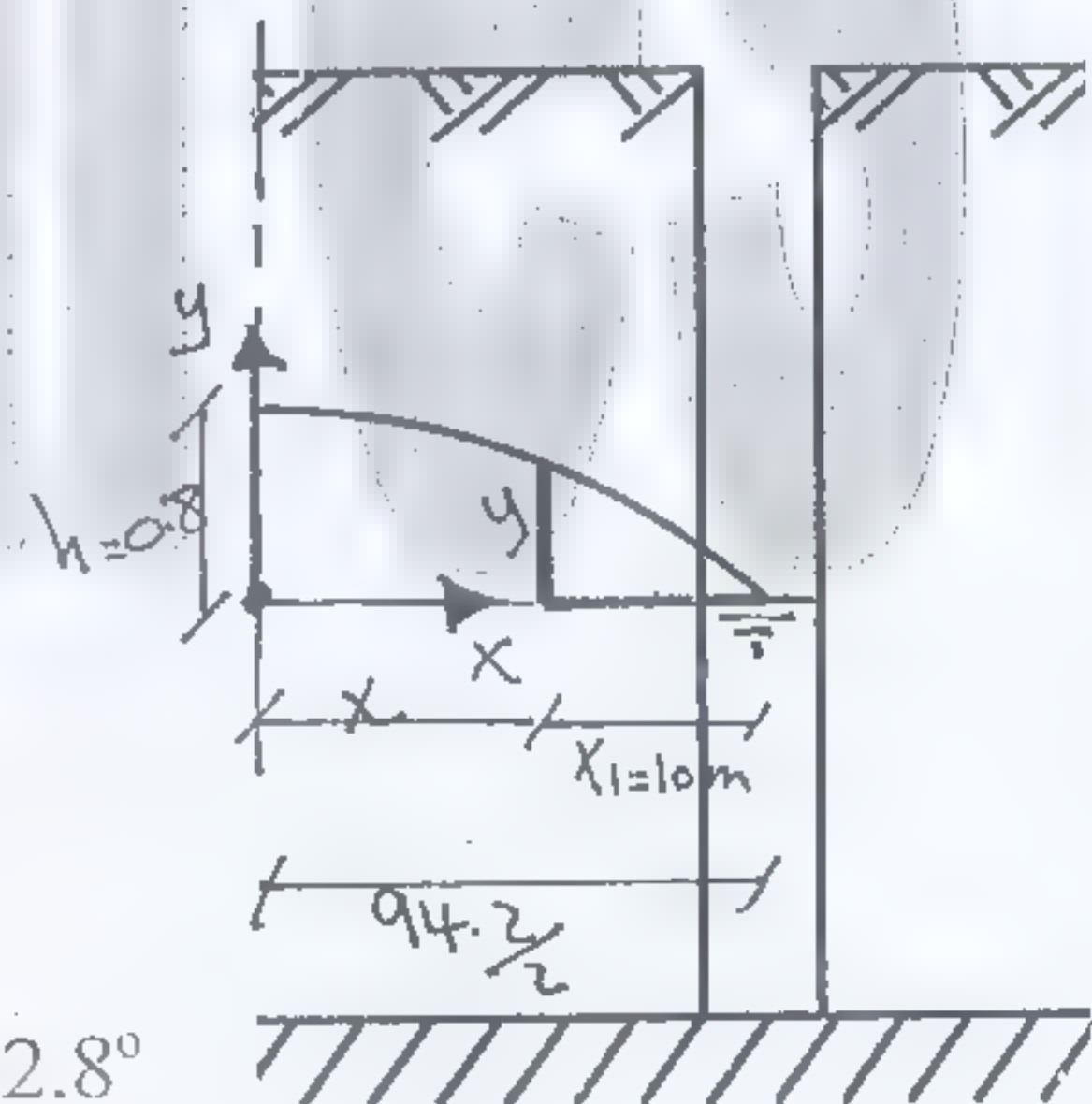
At  $x_1 = 10\text{m}$ 

$$x = (L/2) - x_1 = \frac{94.2}{2} - 10 = 37.1\text{m}$$

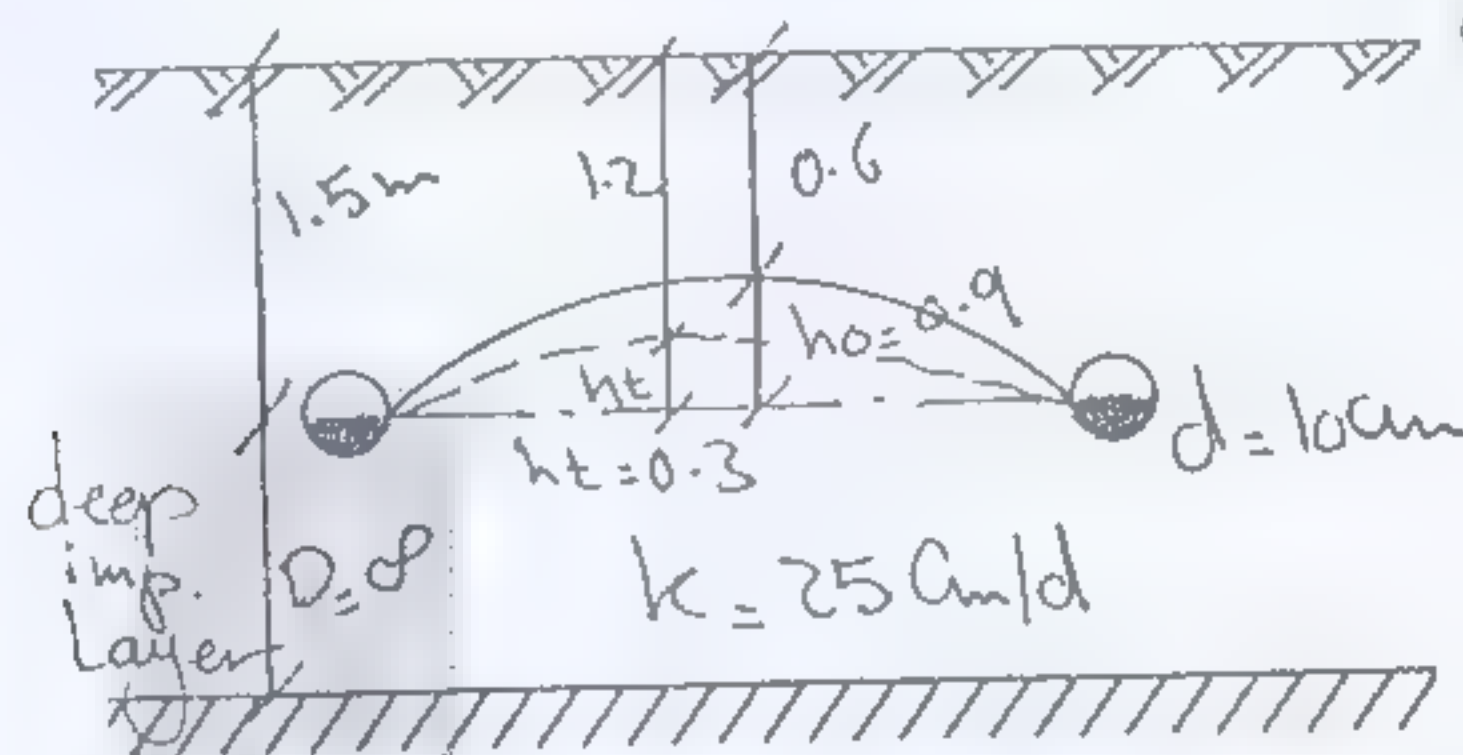
$$\frac{37.1^2}{47.1^2} + \frac{y^2}{0.8^2} = 1$$

$$y = 0.49\text{ m}$$

$$\text{slope of water table} = \tan^{-1} \frac{y}{x_1} = 2.8^\circ$$



b. Horizontal pipe drains 10 cm in diameter were installed at a spacing of 60 m and depth of 1.50 m below soil surface. The hydraulic conductivity is 25 cm/day and the drainable porosity is 3%. If the water table rises to within 0.6 m of the soil surface following an irrigation, how long it will take for it to fall to a depth 1.2 m below the soil surface. (Use the appropriate equation for relatively deep impermeable layer).



$$L = 60 \text{ m}, Fa = 0.03$$

$$t ???$$

Glover Drain

$$L = \pi \left[ \frac{t \cdot k \cdot d_e}{Fa} \right]^{1/2} \times \left[ \ln 1.16 \frac{h_0}{h_t} \right]^{-1/2}$$

( $D = \infty$ )  $D/L > 0.3$

$$d_e = \frac{L}{2.55 \left[ \ln \frac{L}{r_0} - 1.15 \right]} = \frac{60}{2.55 \left[ \ln \frac{60}{0.05} - 1.15 \right]}$$

get  $t \rightarrow d_e = 3.96 \text{ m}$

$$60 = \pi \left[ \frac{t \cdot 0.25 \cdot 3.96}{0.03} \right]^{1/2} \times \left[ \ln 1.16 \frac{0.9}{0.3} \right]^{-1/2}$$



(51)

A ring infiltrometer test was made on the soil. The results of test are given below:

Elapsed time (min)	0	2	5	10	20	30	60	90	150
Volume of water added since start of (cm <sup>3</sup> )	0	278	658	1137	1924	2500	3345	3875	4592

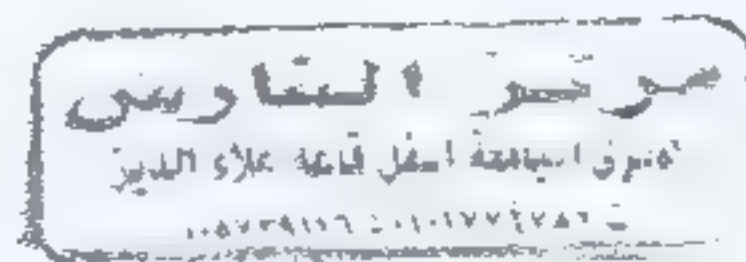
If the inside diameter of the infiltrometer = 35 cm. It is required to: a)- Determine the I.C. for the time intervals in the experiment. b)- What is the U.I.C.  $F_c$ ? c)- What is the average I.C. for 10 minutes and 30 minutes? d)- Find an equation for I.C.

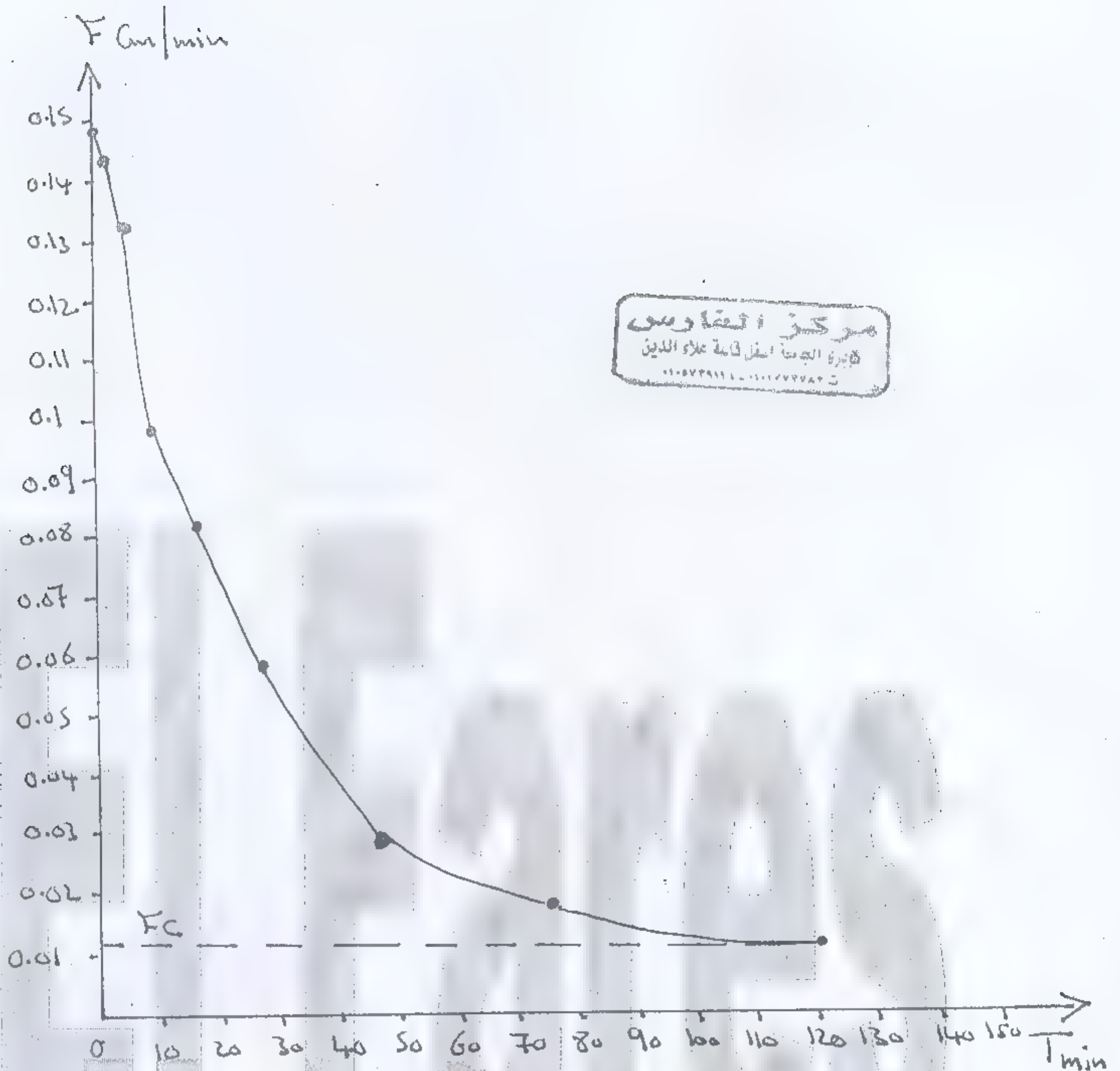
$$A = \text{Area of infiltrometer} = \frac{\pi}{4} \times 35^2 = 962.11 \text{ cm}^2$$

* Time (min)	0	2	5	10	20	30	60	90	150
* $V$ (cm <sup>3</sup> )	0	278	658	1137	1924	2500	3345	3875	4592
$\Delta T$ (min)		2	3	5	10	10	30	30	60
$\Delta V$ (cm <sup>3</sup> )		278	380	479	787	576	845	530	717
* $F = \left(\frac{\Delta V}{A}\right) \div \Delta T$ cm/min		0.144	0.132	0.099	0.082	0.059	0.029	0.018	0.012

a) infiltration Capacity For time intervals.

b) Ultimate infiltration Capacity ( $F_c$ ) = 0.012 cm/min





From Curve  $F_0 = 0.148$  Am/min  
 $F_c = 0.012$

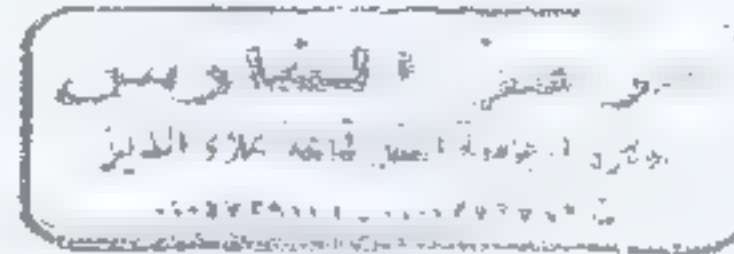
$$F = F_c + (F_0 - F_c) e^{-kt}$$

$$t = \frac{-1}{k \log e} * (\log(F - F_c)) + \frac{1}{k \log e} * (\log(F_0 - F_c))$$

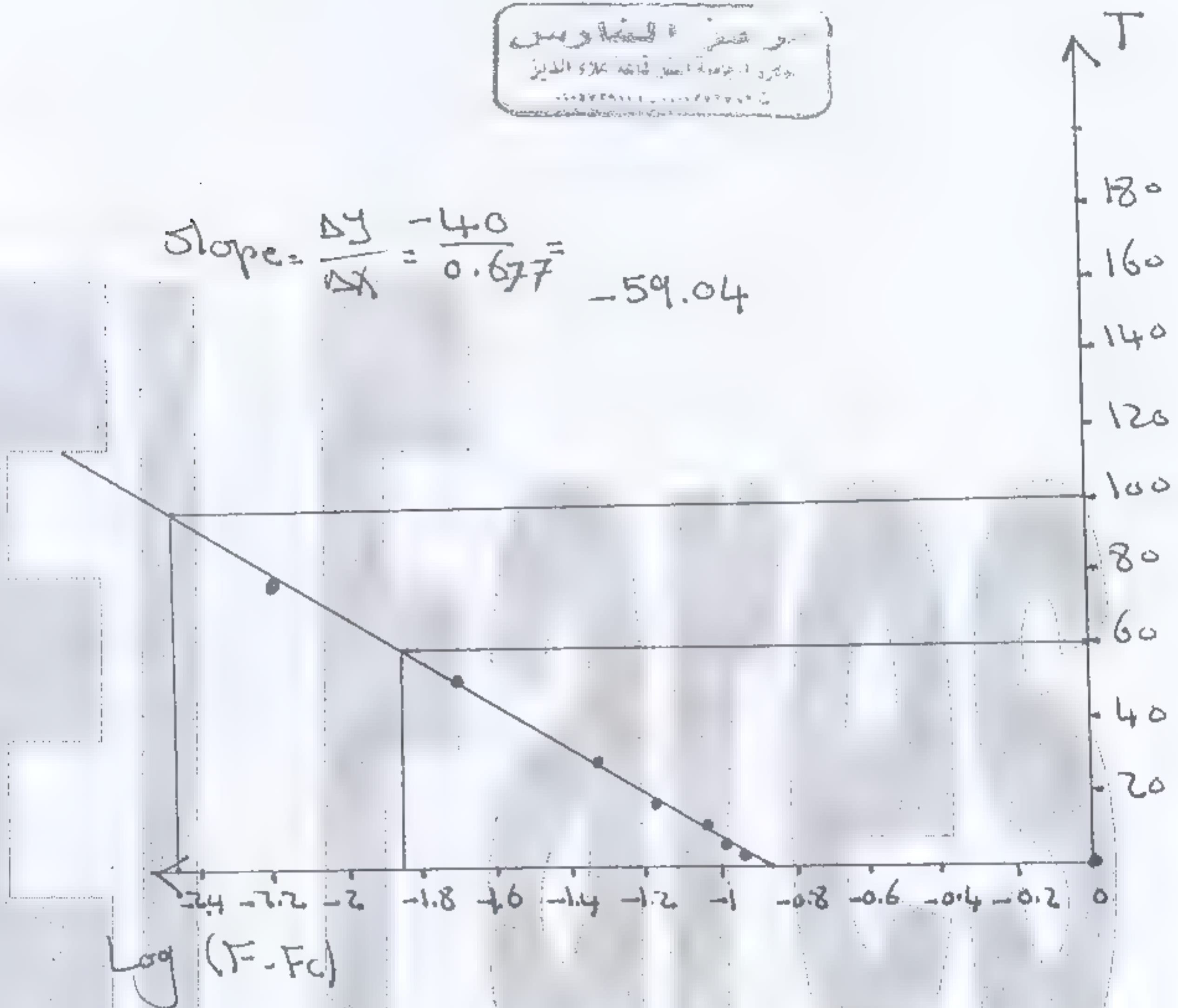
$\downarrow$        $\downarrow$        $\downarrow$        $\downarrow$   
 $C$        $m$        $X$        $C$



$y = t$	0	2	5	10	20	30	60	90	150
$x = \log(F - F_c)$	-0.88	-0.92	-1.06	-1.15	-1.33	-1.77	-2.2	—	—



$$\text{Slope} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{-40}{0.677} = -59.04$$



$$\text{Slope} = \frac{-1}{k \log e} = -59.04$$

$$k = 0.039$$

$$F = 0.012 + 0.136 e^{-0.039 \times t} \quad \text{Cm/min}$$

بالنموذج

$$F_{10 \text{ min}} = 0.104 \text{ Cm/min.}$$

$$F_{30 \text{ min}} = 0.054 \text{ Cm/min.}$$

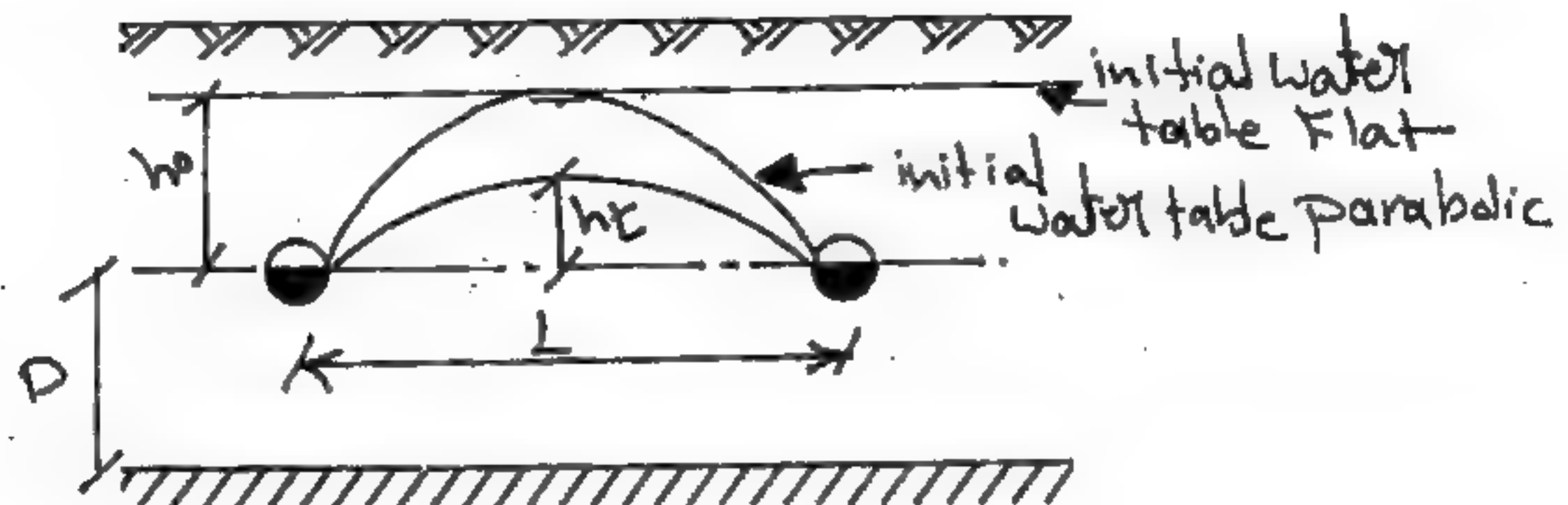
# Irrigation & Drainage Engineering

2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 6 صرف



**3-Jan Van Schilfgaarde Equation****a- Initial water table flat:**

$$L = 3 \left[ 1 - \left( \frac{de}{de+h_o} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \left[ \frac{t.k.(de+h_t)(de+h_o)}{2Fa(h_o-h_t)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

**b- Initial water table parabolic:**

$$L = 3 \left[ \frac{t.de.k}{Fa} \right]^{\frac{1}{2}} \left[ \ln \left( \frac{h_o(2de+h_t)}{h_t(2de+h_o)} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

**4-Amer and Luthin equation**

1- For  $\frac{D}{L} \leq 0.25$ :

$$L = \frac{t.k}{Fa.F_K.Ln(h_o/h_t)}$$

2- For  $\frac{D}{L} > 0.25$ :

$$L = \frac{\pi.t.k}{Fa.Ln(L/\pi.r_o).Ln(h_o/h_t)}$$

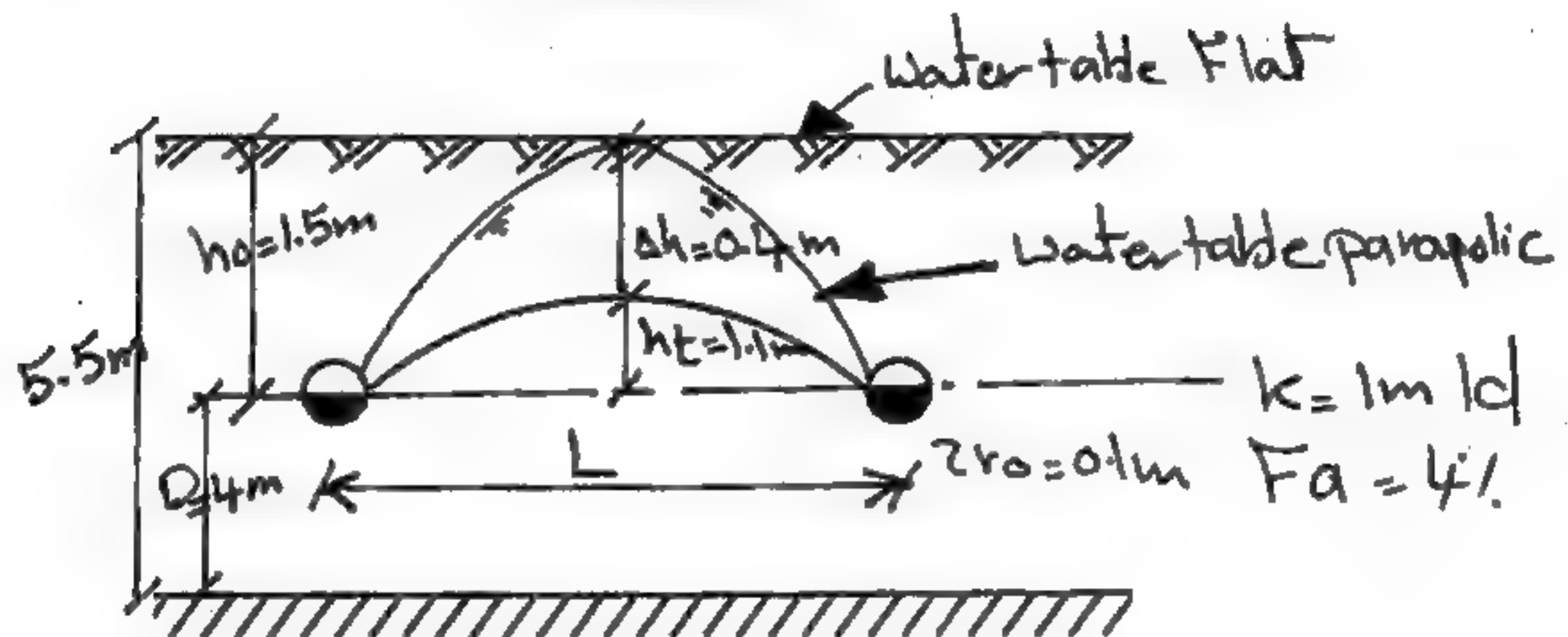
$F_K$  = Kirkham coefficient.

The water table is required to drop from soil surface to a depth of 0.4 m below soil surface in a 3-days period. The hydraulic conductivity is 1 m/day, the drainable porosity is 4% and the depth to the impermeable layer is 5.5m, the diameter of the drain is 0.1m and the drain depth is 1.50m.

Compute the spacing between tile drains using:

- Van schilfgaarde equations (two equations of parabolic and flat water table shapes).
- Amer of kirkham equation.

### Solution



a) using van schilfgaarde equation :

1- Initial water table flat:

$$L = 3 \left[ 1 - \left( \frac{de}{de+h_o} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \left[ \frac{t.k (de+h_t)(de+h_o)}{2 Fa (h_o-h_t)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$L = 3 \left[ 1 - \left( \frac{de}{de+1.5} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \left[ \frac{3*1*(de+1.1)(de+1.5)}{2*0.04*(1.5-1.1)} \right]^{\frac{1}{2}}$$



$$\therefore L = 29.05 \left[ 1 - \left( \frac{de}{de+1.5} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} [(de+1.1)(de+1.5)]^{\frac{1}{2}}$$

For  $D/L \leq 0.3$

$$de = \frac{D}{1 + \frac{D}{L} (2.55 \ln \frac{D}{r_0} - 3.4)}$$

$$de = \frac{4}{1 + \frac{4}{L} (2.55 \ln \frac{4}{0.05} - 3.4)}$$

$$= \frac{4}{1 + \frac{31.096}{L}}$$

$L_{ass.}$	$D/L$	$de$	$L$
30	0.13	1.9641	77.96
77.96		2.8594	91.10
91.10		2.9821	92.76
92.76		2.9958	92.94
92.94		2.9972	92.96

$$L = 92.97 \text{ m}$$

## 2- Initial water table parabolic:

$$L = 3 \left[ \frac{t \cdot de \cdot k}{Fa} \right]^{\frac{1}{2}} \left[ \ln \left( \frac{h_o (2 de + h_i)}{h_i (2 de + h_o)} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$L = 3 \left[ \frac{3 \cdot de \cdot 1}{0.04} \right]^{\frac{1}{2}} \left[ \ln \left( \frac{1.5 (2 \cdot de + 1.1)}{1.1 (2 \cdot de + 1.5)} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore L = 25.98 \sqrt{de} \cdot [\ln (3 de + 1.65) - \ln (2.2 de + 1.65)]^{\frac{1}{2}}$$

$$de = \frac{4}{1 + \frac{31.096}{L}}$$

L <sub>ass</sub>	D/L	de	L
30	0.133	1.9641	75.33
75.33		2.8313	86.96
86.96		2.9464	88.39
88.39		2.9590	88.55
88.55		2.9604	88.56

$$\therefore L = 88.5 \text{ m}$$

**b) Using Amer equation:**

**For  $D/L \leq 0.25$**

$$D = 4\text{m}, r_o = 0.05\text{m}, D/2r_o = 40$$

$$L = \frac{t.k}{Fa.F_k.Ln(h_o/h_i)}$$

$$= \frac{3 \cdot 1}{0.04 \cdot F_k \cdot Ln(1.5/1.1)}$$

$$L = \frac{241.81}{F_k}$$

L <sub>ass.</sub>	D/L	L/D	FK	L
50	0.08	12.5	2.5767	93.84
70		17.5	3.2017	75.82
72		18.75	3.2642	74.07
73		18.25	3.2955	73.37

$$\therefore L = 73 \text{ m}$$



19  
9:16  
W: M

# Irrigation & Drainage Engineering

2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

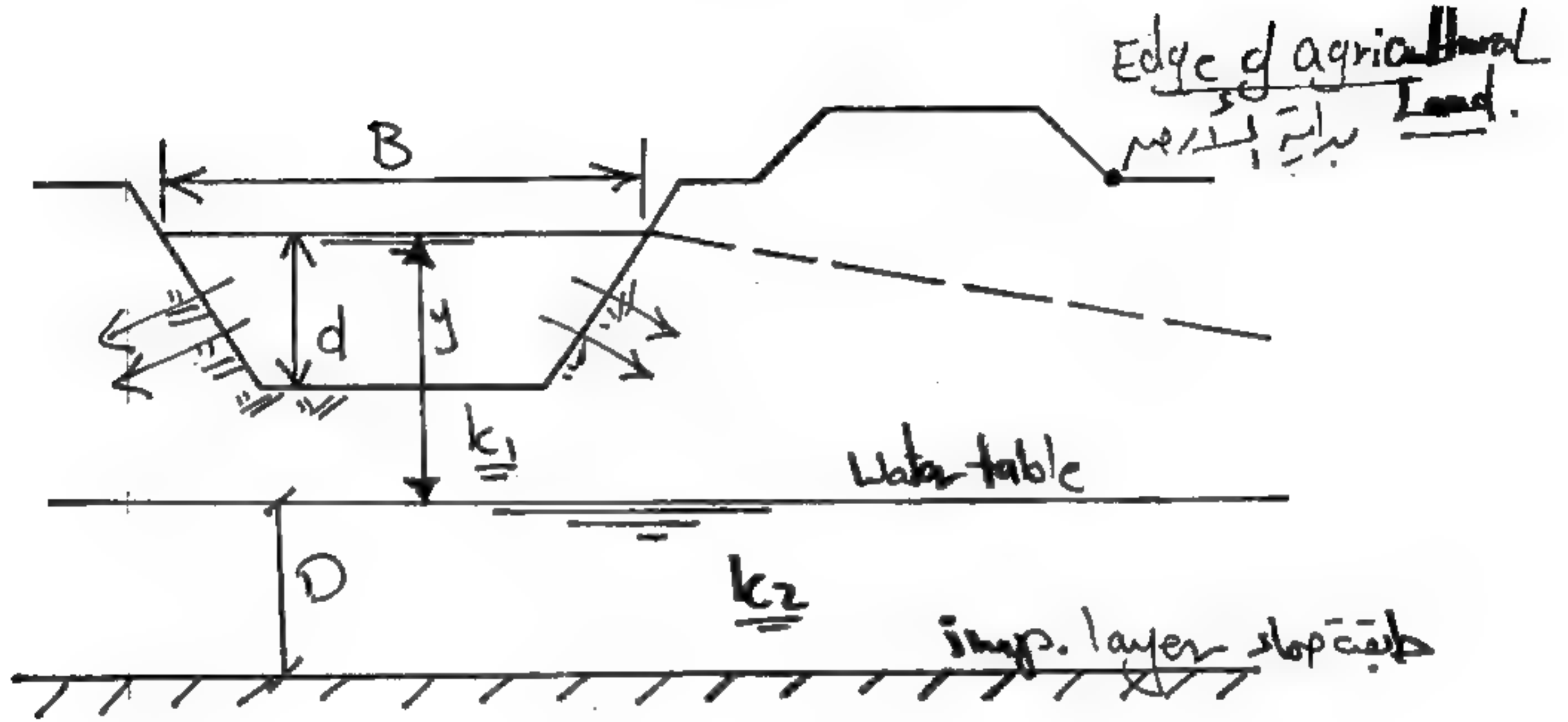
الفرقة التقنية مدني

No. 7

صرف

## Canal Seepage

التسرب من القنوات



رشح المياه من المجاري المائية الغير مبطنه (Unlined) يعتمد على :

- 1- شكل قطاع المجري المائي وابعاده  $(B, d)$
- 2- عمق الطبقة الصماء ودرجة تقعرها .
- 3- معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة المحيطة بالمجري المائي  $(k_1)$  .
- 4- معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة أسفل منسوب W.T  $(k_2)$  .
- 5- ارتفاع منسوب المياه في المجري المائي عن سطح الأرض المجاورة .
- 6- المسافة من محور المجري المائي حتى بداية أرض الزراعة .

$$Q = \frac{K_1 (B+2d)}{3.5} \quad \text{m}^3/\text{day}/\text{m}'$$



$Q$  = مقدار رشح المياه من المجري المائي الغير مبطن (Unlined canal)

$K_1$  = معامل توصيل الهيدروليكي للتربة المحيطة بقطاع المجري المائي.

$d$  = عمق المياه في المجري المائي .

$B$  = عرض سطح المياه في المجري المائي .

ونتيجة لاستمرار رشح المياه من المجري المائي فإن منسوب المياه الجوفية في المنطقة المحيطة بالمجري يرتفع تدريجياً.

ويمكن صلب المدة التي يصل فيها منسوب الماء الجوفي إلى نفس منسوب المياه في المجري المائي من القانون التالي :

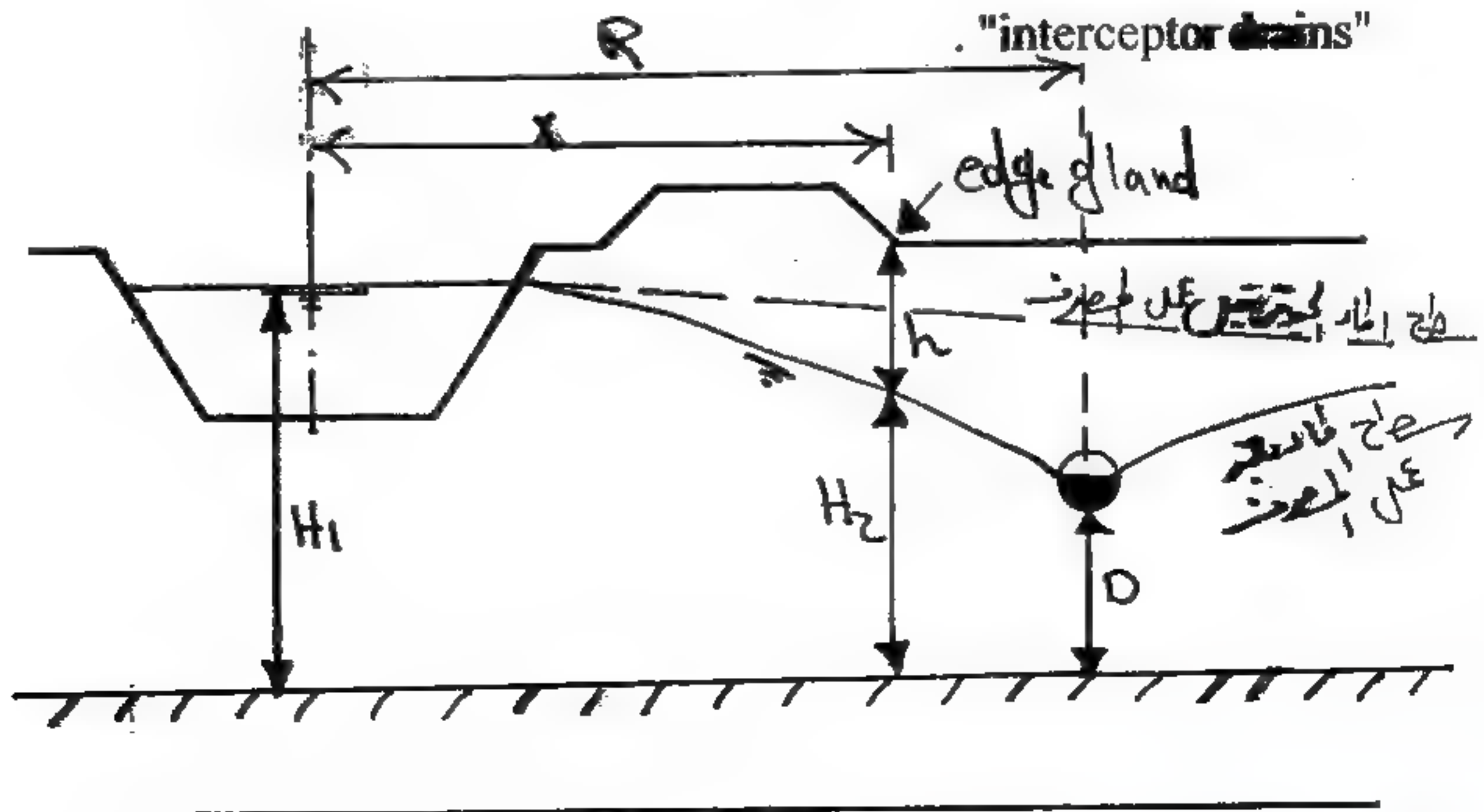
$$t = \frac{\pi \cdot k_2 \cdot f_a \cdot y^2 (D + y/2)}{Q^2} \quad \text{days}$$

$K_2$  = معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة أسفل منسوب (w . t.)

$F_a$  = معامل مسامية الصرف "drainable porosity" للتربة المحيطة بقطاع المجري المائي.

### Control of canal seepage

للتحكم في تسرب الماء من القنوات يفضل استخدام المصارف القاطعة



تستخدم المصارف القاطعة "interceptor drains" للتغلب على مشكلة ارتفاع منسوب الماء الجوفي "water logging" في الأراضي المجاورة للمجري مائي.

ويمكن حساب المسافة من منتصف الترععة حتى المصرف (R)

$$R = \frac{X \cdot (H_1^2 - D^2)}{(H_1^2 - H_2^2)}$$

$H_1$  = ارتفاع سطح الماء في المجري المائي عن الطبقة الصماء.

$H_2$  = ارتفاع سطح الماء الجوفي عند حافة الأرض الزراعية عن الطبقة الصماء.

$D$  = عمق الطبقة الصماء أسفل منسوب المصرف.

$X$  = المسافة من محور المجري المائي إلى حافة الأرض الزراعية

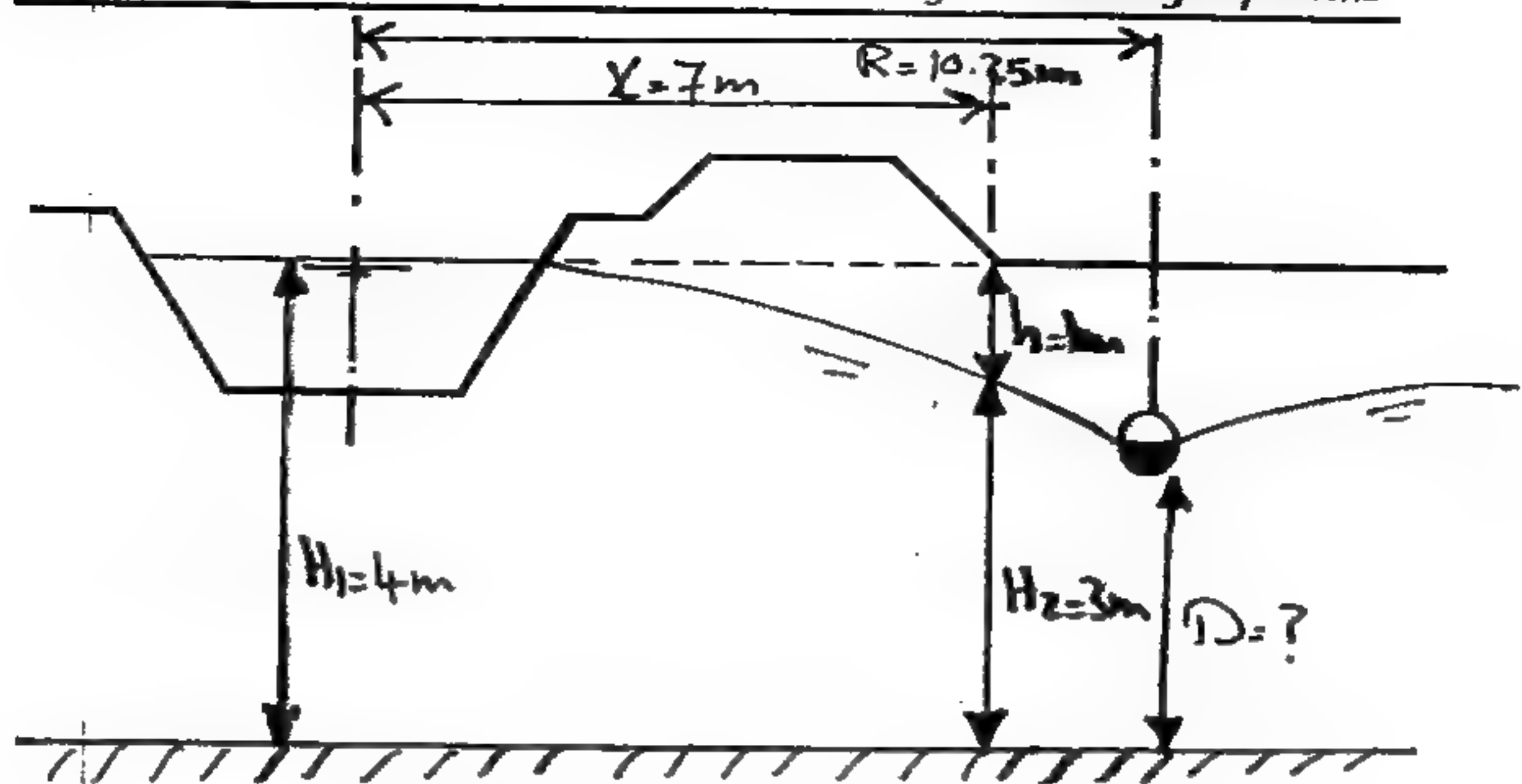
."edge of the irrigated area"

$$Q = \frac{k_2 \cdot (H_1^2 - H_2^2)}{2 \cdot X} = \frac{k_2 \cdot (H_1^2 - D^2)}{2 \cdot R}$$

$Q$  التصرف للمصرف القاطع لكل متر طولي

The water level in canal is the same as the ground level of an irrigated land, and the distance from the canal center to the edge of this land is 7.0m what is the depth of the covered interceptor drain below the soil surface which lowers the water table at the edge to 1.0m below soil surface, If the distance from the canal center to the drain is 10.25 m? The depth of the impermeable layer below soil surface is 4.0m and the soil hydraulic conductivity is 4.17 cm/hour. What is the discharge of the interceptor drain of 2000 m length?





$$R = \frac{X(H_1^2 - D^2)}{(H_1^2 - H_2^2)} \Rightarrow 10.25 = \frac{7 \cdot (16 - D^2)}{(16 - 9)}$$

$$\therefore D = 2.4\text{ m}$$

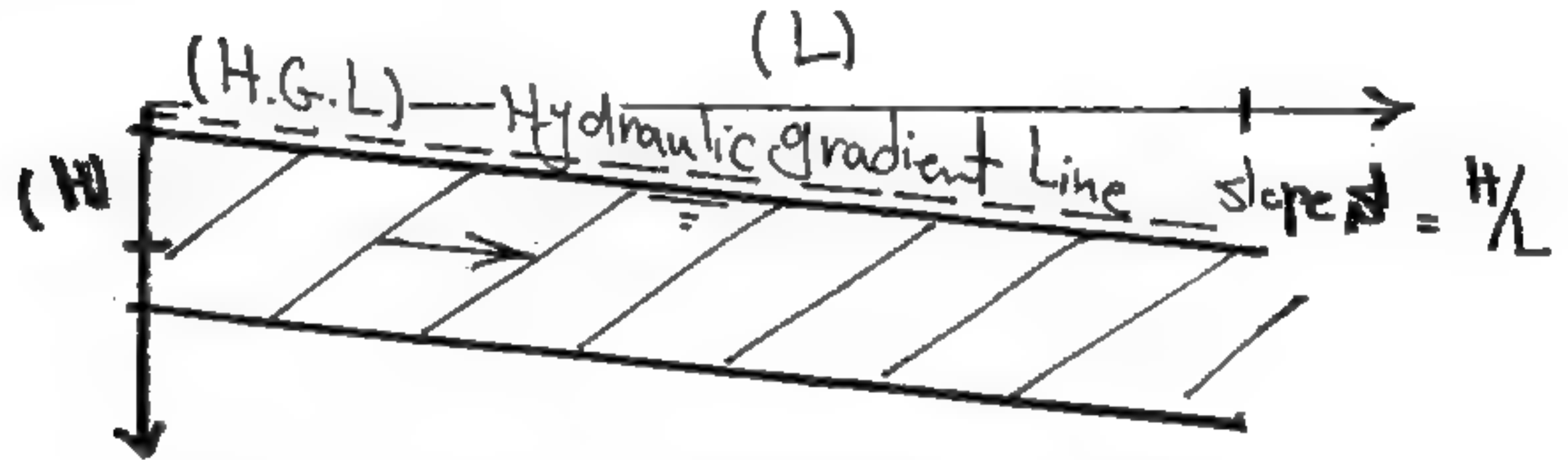
The depth of the covered interceptor drain =  $4 - 2.4 = 1.6\text{ m}$ .

$$Q = \frac{k_2 \cdot (H_1^2 - H_2^2)}{2 \cdot X} = \frac{4.17 \times 10^{-2} \times (4^2 - 3^2)}{2 \times 7} = 0.021\text{ m}^3/\text{hr}/\text{m}$$

$$Q_{2000\text{ m}} = 0.021 \times 2000 = 41.7\text{ m}^3/\text{hr}$$

تصميم مواسير الصرفDesign of drainage pipes

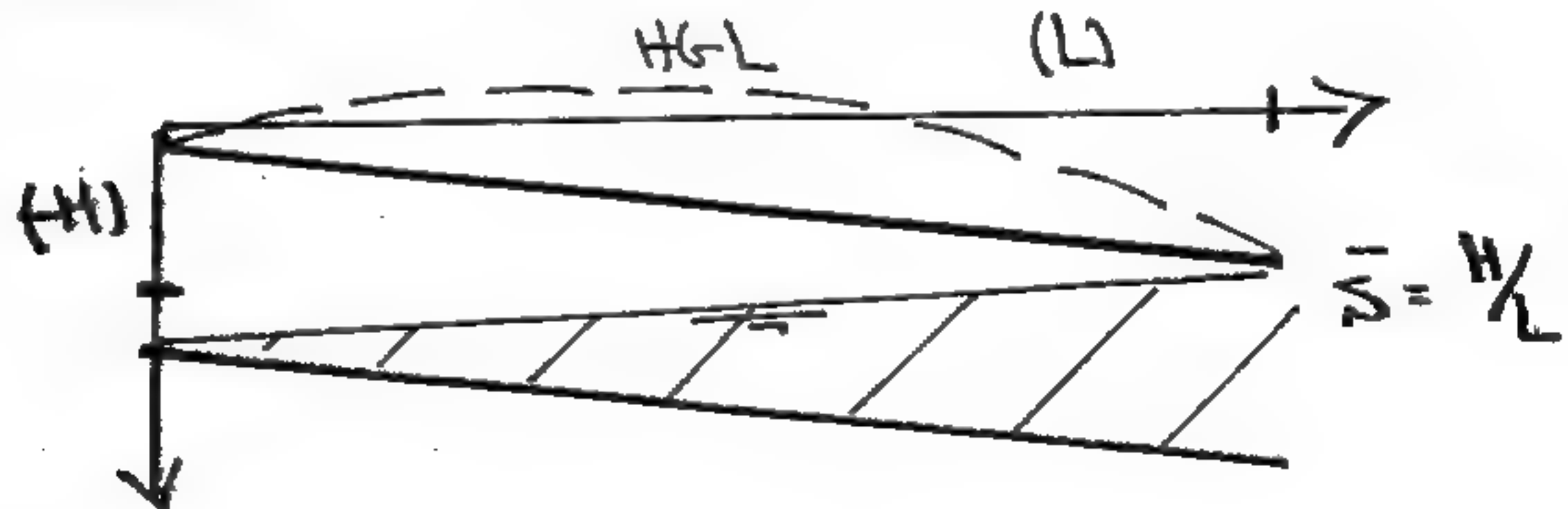
يتم تصميم أقطار "diameters" وميول "gradients=slopes" مواسير الصرف علي أساس إحدى النظريتين الآتيتين :

(1) Uniform flow = Transporting flow:

1- الماسورة مملوءة تماما بالماء من أولها حتى آخرها.

2- كمية المياه المنصرفة Q ثابتة علي طول مقطع الماسورة.

3- (H.G.L) ينطبق علي الحافة العليا للماسورة.

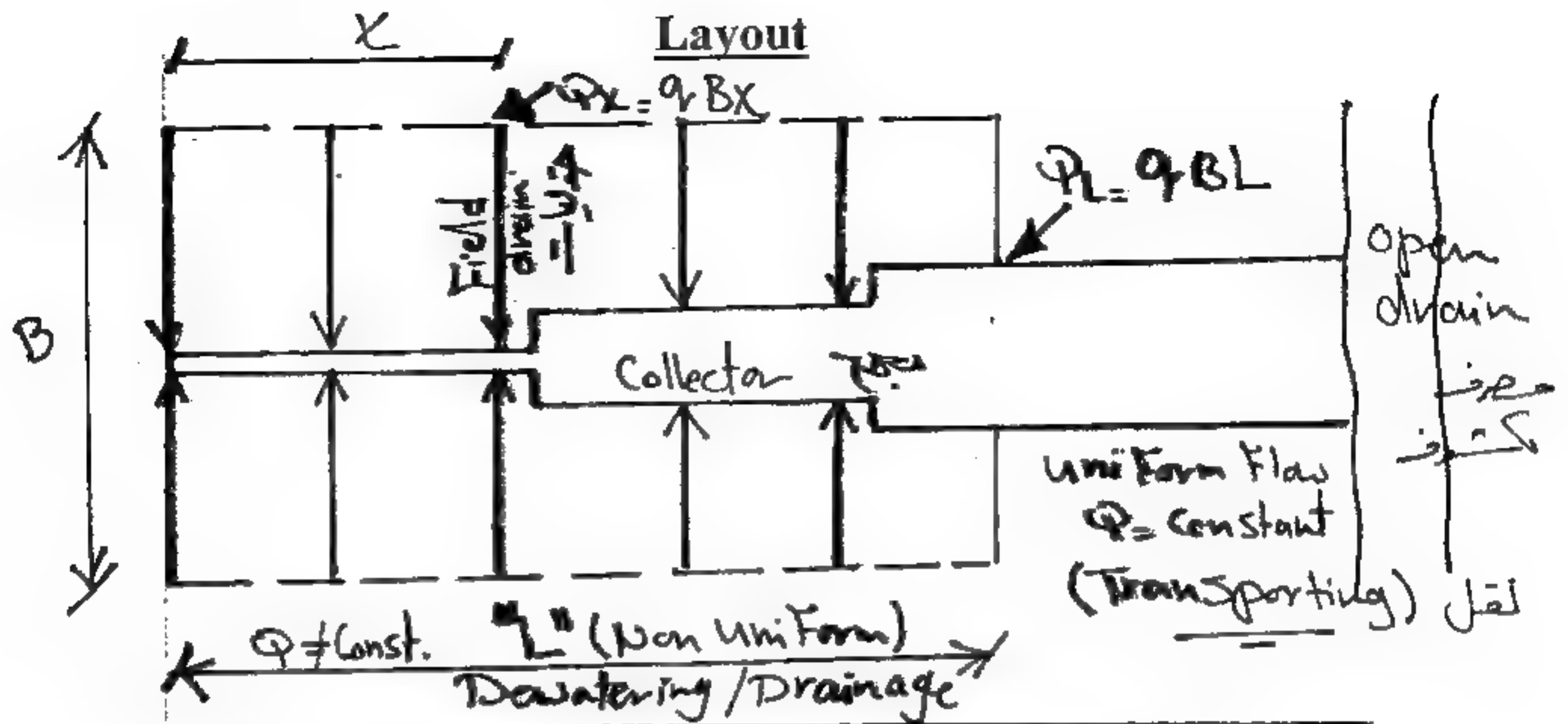
(2) Non-uniform flow = Dewatering flow = Drainageprinciple:

1- كمية المياه المنصرفة تزداد بمقدار ثابت علي طول مقطع الماسورة حيث

(Q=zero) عند بداية الماسورة ، (Q=Max) عند نهاية الماسورة.

2- (H.G.L) لا ينطبق علي الحافة العليا للماسورة.





### (1) Uniform flow = Transporting flow

#### 1- Wesseling equation: for smooth pipes.

تستخدم هذه المعادلة في تصميم مواسير الصرف الملساء "smooth".

$$Q = qBL = \text{F.S.} (50.3 d^{2.714} \cdot S^{0.572}) \quad \text{m}^3/\text{sec}$$

مثل مواسير القفل clay والمواسير الأسمنتية cement والبلاستيك الملساء

smooth plastic

#### 2- Manning equation: for corrugated pipes.

تستخدم هذه المعادلة في تصميم مواسير الصرف البلاستيك المموجة مثل

"corrugated plastic PVC"

$$Q = qBL = \text{F.S.} (21.82 d^{2.667} \cdot S^{0.5}) \quad \text{m}^3/\text{sec}$$

**(2) Non-uniform flow = Dewatering****1- Wesseling equation: for smooth pipes.**

$$Q = qBL = \text{F.S.} (89 d^{2.714} \cdot \bar{S}^{0.572}) \dots \text{m}^3/\text{sec}$$

**2- Manning equation: for corrugated piped.**

$$Q = qBL = \text{F.S.} (38 d^{2.667} \cdot \bar{S}^{0.5}) \dots \text{m}^3/\text{sec}$$

**Where:****Q = discharge = flow rate (m<sup>3</sup>/sec)****حجم المياه بالمتر المكعب المتدفق من الماسورة على مسافة L من بداية المصرف****q = drainage coefficient = drainage rate ... m/sec.****B = width of area عرض المنطقة المخدومة****L = length of area طول المنطقة المخدومة****F.S. = factor of safety , d = pipe diameter ... m****S = pipe slope (dimensionless)****معادلات التصميم:**

Smooth → Wesseling →	Uniform	→ 50.3 *	$\left[ \text{F.S.} (d^{2.714} \cdot S^{0.572}) \right]$
	Non-uniform	→ 89 *	
Corrugated → Manning →	Uniform	→ 21.82 *	$\left[ \text{F.S.} (d^{2.667} \cdot S^{0.5}) \right]$
	Non-uniform	→ 38 *	



ملاحظات :

(1) إذا كان المطلوب : (Max. length) أو (Max. drainage coefficient)

$$F. S. = 1 \quad \text{نأخذ}$$

(2) معامل الأمان (Factor of safety) :

$$F.S. = 60\% \quad d \leq 15 \text{ cm}$$

$$F.S. = 75\% \quad d > 15 \text{ cm}$$

(3) في حالة المجمعات الطويلة نستخدم مجموعة من المواسير ذات الأقطار المختلفة

وفي هذه الحالة نأخذ معامل أمان آخر بالإضافة للموجود أساسا في القانون

ويسمى "Reduction Factor P" حيث :

$$p = 0.85 \quad \leftarrow \quad \bullet \text{ في حالة المجمع يتكون من ماسورتين}$$

$$p = 0.75 \quad \leftarrow \quad \bullet \text{ في حالة المجمع يتكون من أكثر من ماسورتين}$$

حيث نضرب L المستنتجة لكل قطر \* P

ونستخدم معاملات الأمان نظرا لأن قطر المواسير يقل بالتدرج بسبب ترسب

حبيبات التربة بداخلها



Examples:

- 1- The pipes used for lateral drains are cement and corrugated PVC pipes with internal diameters 100 and 72 mm respectively. Find the maximum length with each type for a drainage rate of 3 mm/day and drain spacing 50 m in the following cases:

- a) drain slope 0.1%  
b) drain slope 0.2%

Solution

Max Length  $\Rightarrow$  F.S. = 1

Concent pipe "smooth"

$$q_{BL} = F.S (89 d^{2.714} \cdot \bar{S}^{0.572})$$

$$d = 0.1 \text{ m}$$

$$\frac{3 \cdot 50 \cdot L}{1000 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} = 89 (0.1)^{2.714} \cdot \bar{S}^{0.572}$$

$$\therefore L = 99040.42 \bar{S}^{0.572}$$

a)  $\bar{S} = 0.1\%$

$$\therefore L = 1904.6 \text{ m}$$

b)  $\bar{S} = 0.2\%$

$$\therefore L = 2831.4 \text{ m}$$

Plastic "pvc" pipe "corrugated"

$$q_{BL} = F.S (38 d^{2.667} \cdot \bar{S}^{0.5})$$

$$d = 0.072 \text{ m}$$

$$\frac{3 \cdot 50 \cdot L}{1000 \cdot 86400} = 38 (0.072)^{2.667} \cdot \bar{S}^{0.5}$$

$$\therefore L = 19620.58 \bar{S}^{0.5}$$

a)  $\bar{S} = 0.1\%$

$$\therefore L = 620.5 \text{ m}$$

b)  $\bar{S} = 0.2\%$

$$\therefore L = 877.5 \text{ m}$$

2- Design a corrugated plastic collector with increasing diameters 125, 150, 200 and 260 mm are used and the pipe slope is 0.08 %. The drainage rate is 4 mm/day and the width of the area served is 350 m. what is the total length of the collector in this case?

Solution

$$q_{BL} = F.s. (38 d^{2.667} \cdot \bar{S}^{0.5})$$

$$\frac{4 \cdot 350 \cdot L}{1000 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} = F.S. \left[ 38 d^{2.667} \cdot \left( \frac{0.08}{100} \right)^{0.5} \right]$$



$$L = F_s * d^{2.667} * 66330.66$$

Reduction factor =  $P = 0.75$  أكثر من ماسورقين

" d " m	0.125	0.15	0.20	0.26
F.s.	0.6	0.6	0.75	0.75
L	155.4	252.64	680.18	1369.33
$L_{save} = L \times p$	116.55	189.48	510.13	1027
$L_{approximate}$	115	185	510	1025
Each length	115	70 185 - 115	325 510 - 185	515 1025 - 510

الأنبوب  
5 متر  
بالنقص

∴ Total length of the collector = 1025 m

- 3- Find the diameter of a cement pipe which can transport the outflow of 50 hectare with drainage rate 10 mm / day the length of the distance that water will be transported is 1.0k m and the difference in head between the inlet and the outlet is 0.5 m, assume reduction of capacity of 75%.

### Solution



$$\text{Slope } S = \frac{0.5}{1000} = 5 * 10^{-4}$$

$$1 \text{ hectare} = 10000 \text{ m}^2$$

$$Q = qBL = F.s (50 d^{2.714} \cdot S^{0.572}) \quad \text{"Smooth-Uniform"}$$

$$BL = \text{area} = 50 \text{ hectare}$$

$$\therefore \frac{10 * 50 * 10000}{1000 * 24 * 60 * 60} = 0.75 (50 d^{2.714} \cdot (5 * 10^{-4})^{0.572})$$

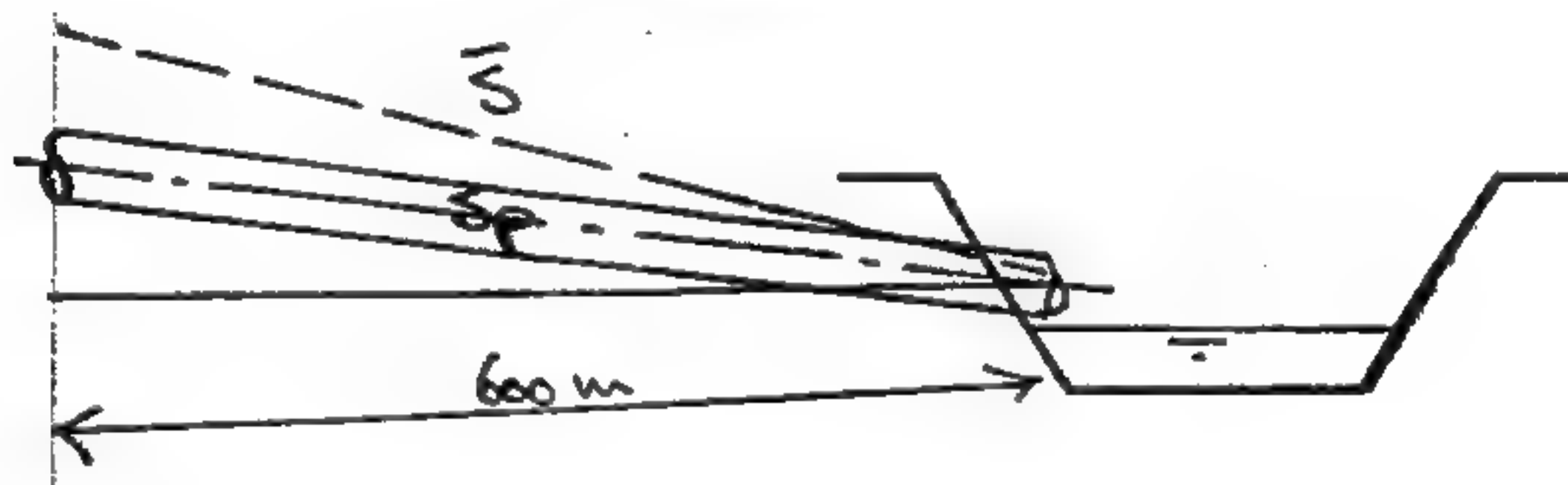
$$\therefore d^{2.714} = 0.119$$

$$d = (0.119)^{\frac{1}{2.714}}$$

$$\therefore d = 0.457 \text{ m} = 457 \text{ mm}$$

4- A concrete collector with a diameter 20 cm, a length 600 m laid at slope 0.04%, drains an area 300 m wide with discharge rate 10 mm/day. What will be the over pressure at the upstream end of the collector if its capacity is to be set at 75%.

#### Solution



$$\text{Slope "S}_p\text{"} = 0.04 \% = 0.04 * 10^{-2}$$

$$Q = qBL = F.S [89 d^{2.714} \cdot S^{0.572}]$$

$$\therefore \frac{10 * 300 * 600}{1000 * 24 * 60 * 60} = 0.75 [89 * (0.2)^{2.714} * S^{0.572}]$$



$$\therefore \bar{S} = 1.54 \times 10^{-3} \neq S_p$$

الضغط الزائد عند بداية الماسورة

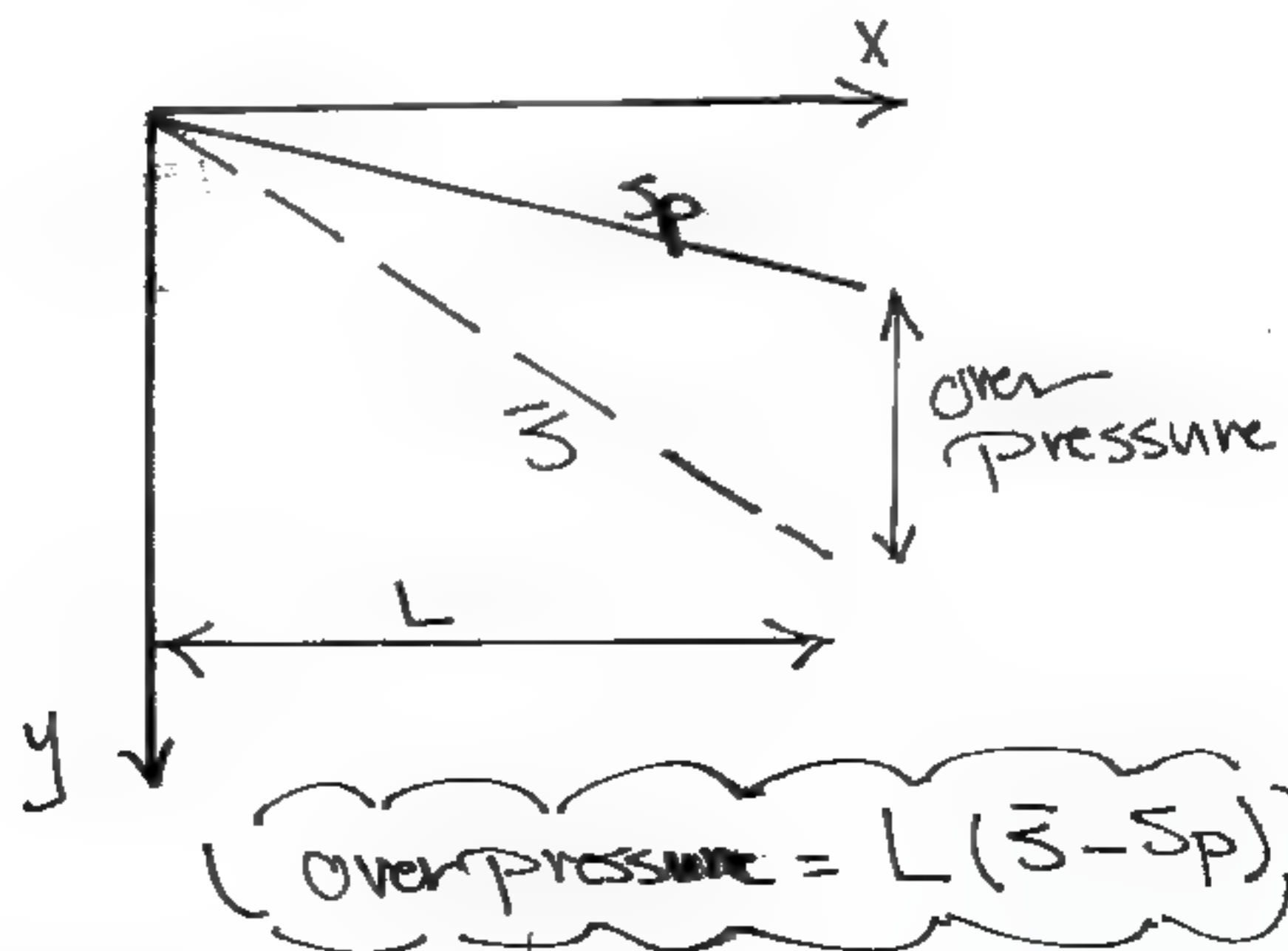
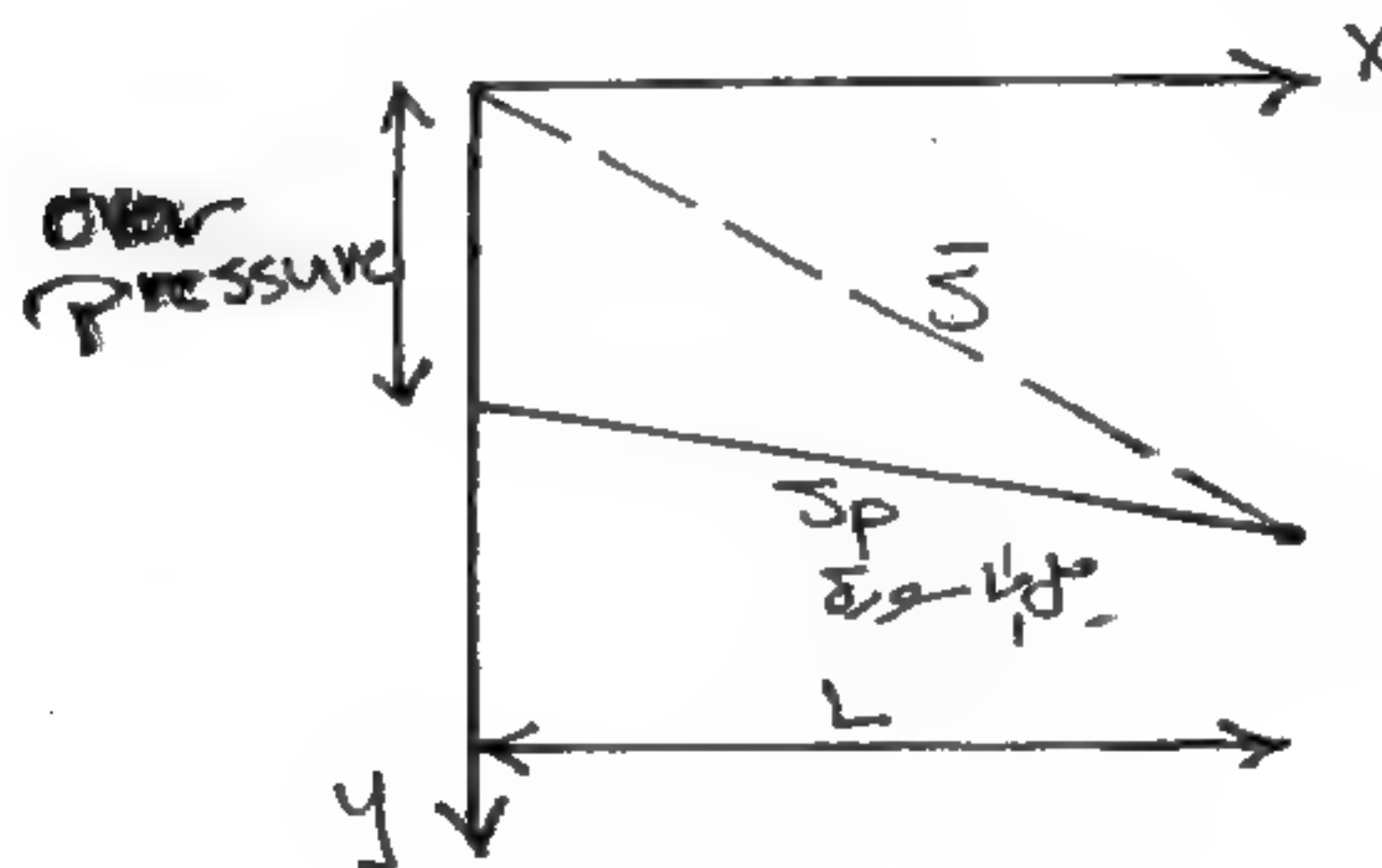
$$\text{Over Pressure} = L \cdot (\bar{S} - S_p)$$

$$= 600 \cdot (1.54 \times 10^{-3} - 0.04 \times 10^{-2}) = 0.68 \text{ m}$$

ملاحظة:

- في حالة **Dewatering** يكون الميل المثالي للماسورة ( $\bar{S}$ ) وهو الميل الهيدروليكي المتوسط.

- في حالة اختلاف ميل الماسورة الفعلي ( $S_p$ ) عن الميل المتوسط يتولد ضغط داخل الماسورة **over pressure**



20<sup>th</sup>  
2019

# Irrigation & Drainage Engineering

2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 8

مرف



## Materials used for subsurface drainage systems

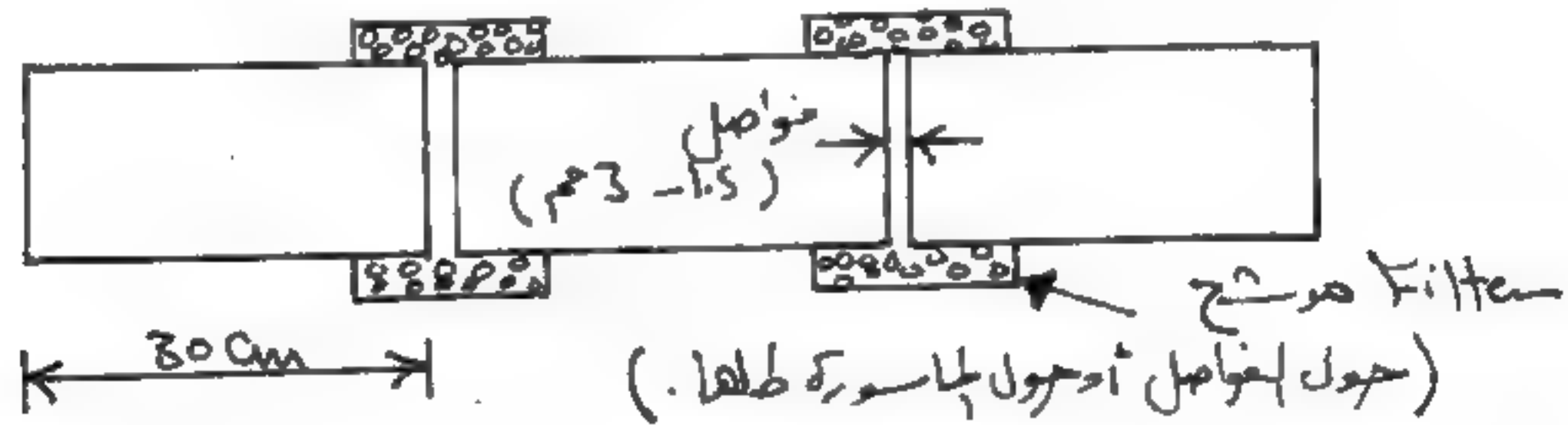
الخامات المستخدمة في أعمال الصرف المغطي

### (1) مواسير الصرف : Pipe drains

وتكون من الفخار "clay" أو مونه الأسمنت "Concrete" أو البلاستيك "plastic".

#### 1- المواسير الفخار : clay pipes

وتكون بطول حوالي (30 Cm) وقطرها الداخلي (10-15 cm) وترص تحت سطح الأرض حيث تدخل إليها المياه عن طريق الفواصل الصغيرة بين المواسير حيث تكون سمك هذه الفواصل حوالي (3mm- 1.5mm).



#### 2- المواسير الأسمنتية : cement pipes

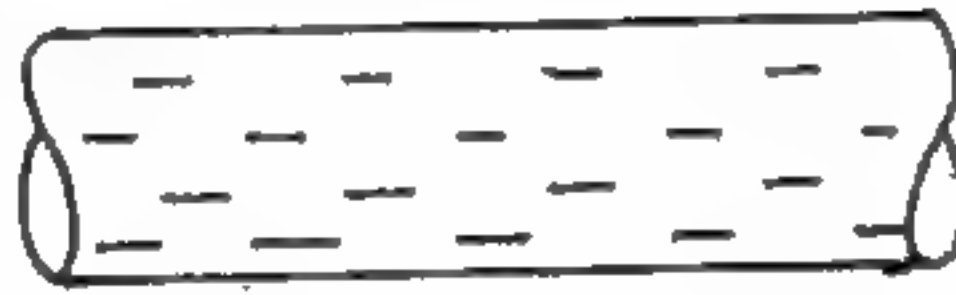
- تصنع من الخرسانة العادية ويتراوح قطرها من (30-50 cm) وبأطوال (70-100 cm) وتدخل إليها مياه الصرف عن طريق الوصلات
- عندما يزيد القطر عن (50 cm) يتم إضافة حديد تسليح.
- لها قدرة تحمل أكبر من المواسير الفخار.
- من عيوبها التآكل في الأرض الملحية ويمكن معالجة هذا العيب باستخدام أسمنت مقاوم للكبريتات.

### 3- أنابيب البلاستيك : plastic pipes

وتستعمل حاليا علي نطاق واسع وتصنع من "poly vinyl chloride PVC" أو البولي إيثيلين "polyethylene PE" وتكون ملساء "smooth" ومتعرجة "corrugated" وبها ثقوب "slots" بأعداد معينة لدخول المياه.

#### Smooth pipes

تصنع بأطوال 5 م ويتم عمل ثقوب علي سطحها الخارجي لدخول الماء.



#### Corrugated pipes

تصنع بأطوال 100-200 م وبأقطار 60-125 مم وتتميز بزيادة مساحتها السطحية مما يتيح عمل عدد أكبر من الثقوب.



#### Advantages and disadvantages of clay or concrete pipes:

مميزات وعيوب مواسير الصرف الفخار والأسمنتية :

المميزات Advantages	العيوب Disadvantages
1- تستخدم في صناعتها المواد المتاحة	1- ثقيلة الوزن "heavy"
2- قليلة التكلفة	2- تتعرض للكسر عند النقل
3- متوفرة بأقطار كبيرة	3- تحتاج إلي عناية خاصة في التنفيذ
	4- تتأثر بأملاح التربة



### Advantages and disadvantages of smooth and corrugated plastic pipes:

مميزات وعيوب المواسير البلاستيك الملساء والمتعرجة :

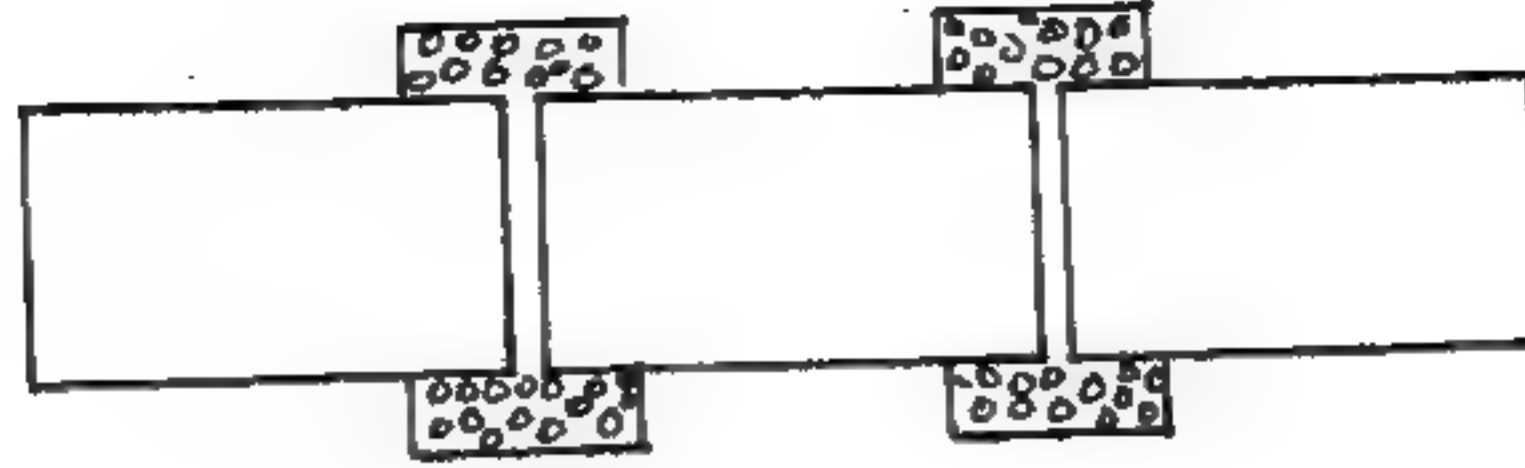
الأنابيب المتعرجة Corrugated	الأنابيب الملساء Smooth	
1- لها قدرة أكبر علي تحمل الضغوط الخارجية . 2- سهولة النقل والمناولة .	1- تعمل علي سهولة حركة المياه بداخلها . 2- سهولة النقل والمناولة .	المميزات
1- مكلفة . 2- ارتفاع المقاومة الهيدروليكية نتيجة التعاريج	1- مكلفة . 2- تتحطم بسهولة إذا تعرضت للصدم	العيوب

### كيفية اختيار نوع مواسير الصرف : (How to select drain pipes)

- 1- علي أساس الأرخص في التكلفة .
- 2- علي أساس الأكثر قدرة علي التحمل
- 3- علي أساس سهولة التصنيع من خامات محلية .
- 4- علي أساس سهولة النقل والمناولة .

## أنواع وصلات المواسير Types of pipe junctions

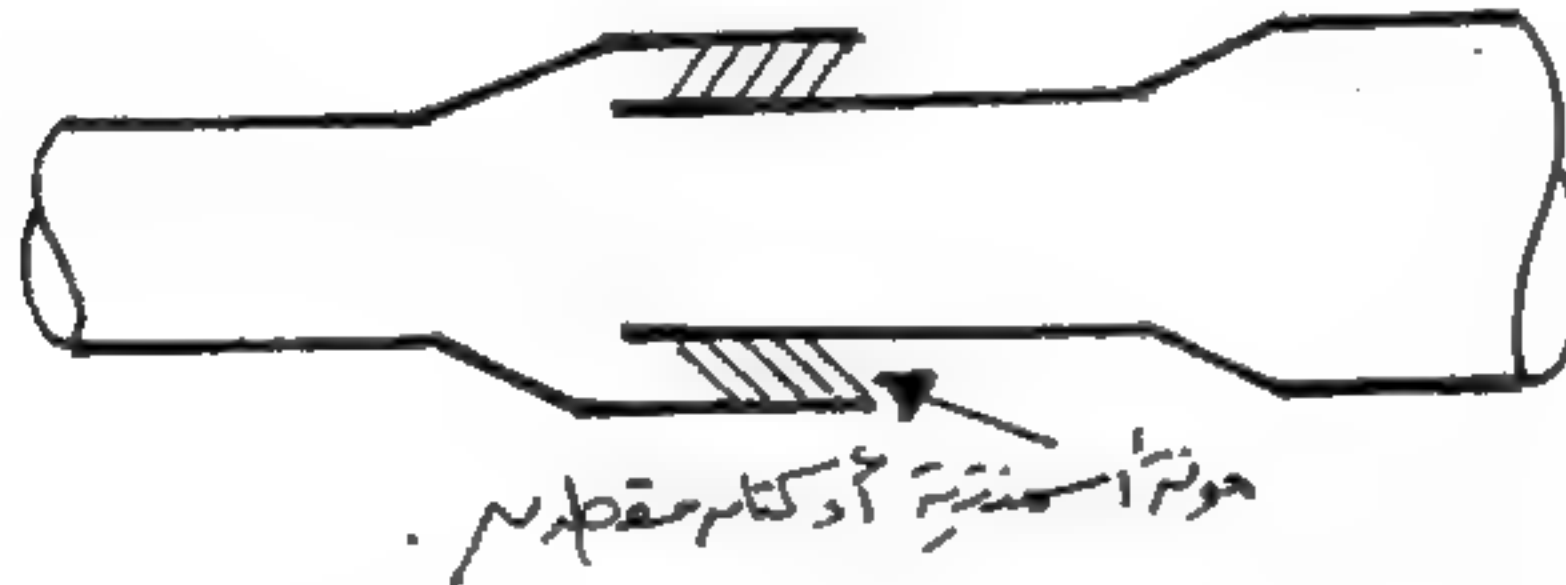
### 1- وصلات عادية منفصلة



### 2- وصلات متداخلة مفتوحة



### 3- وصلات متداخلة ملحومة



## المرشح " filter " The drain envelope

المرشح هو المادة التي يتم وضعها حول أنابيب الصرف " الحفليات " laterals وذلك :

- 1- لتنظيم حركة سريان المياه إلى داخل الحفلي وبالتالي تقليل الفواقد أثناء دخول المياه إلى الحفلي. (Hydraulic Function) (وظيفة هيدروليكية)
- 2- لمنع دخول حبيبات التربة إلى الحفلي وبالتالي تقليل تكاليف الصيانة. (Filter Function)



**1- المرشح الزلطي Gravel envelope**

لتصميم المرشح الزلطي يتم عمل منحني التدرج الحبيبي للتربة وكذلك للتربة المستخدمة في المرشح (Sieve analysis).

**مواصفات المرشحات**

$$\frac{D_{15 \text{ Filter}}}{D_{15 \text{ soil}}} = (12-40)$$

$$\frac{D_{50 \text{ Filter}}}{D_{50 \text{ soil}}} = (12-58)$$

مادة الفلتر أكثر نفاذية من التربة حول الفلتر.

$$\frac{D_{15 \text{ Filter}}}{D_{85 \text{ soil}}} \leq 5$$

لضمان عدم تحرك حبيبات التربة الي داخل الفراغات البينية لمادة المرشح.

$$D_{100 \text{ Filter}} \leq 38 \text{ mm}$$

$$D_{90 \text{ Filter}} \leq 20 \text{ mm}$$

$$D_5 \text{ Filter} \geq 0.42 \text{ mm}$$

حيث:  $D_{15} =$  قطر فتحة المنخل التي يمر منها (15%) من عينة الفلتر.

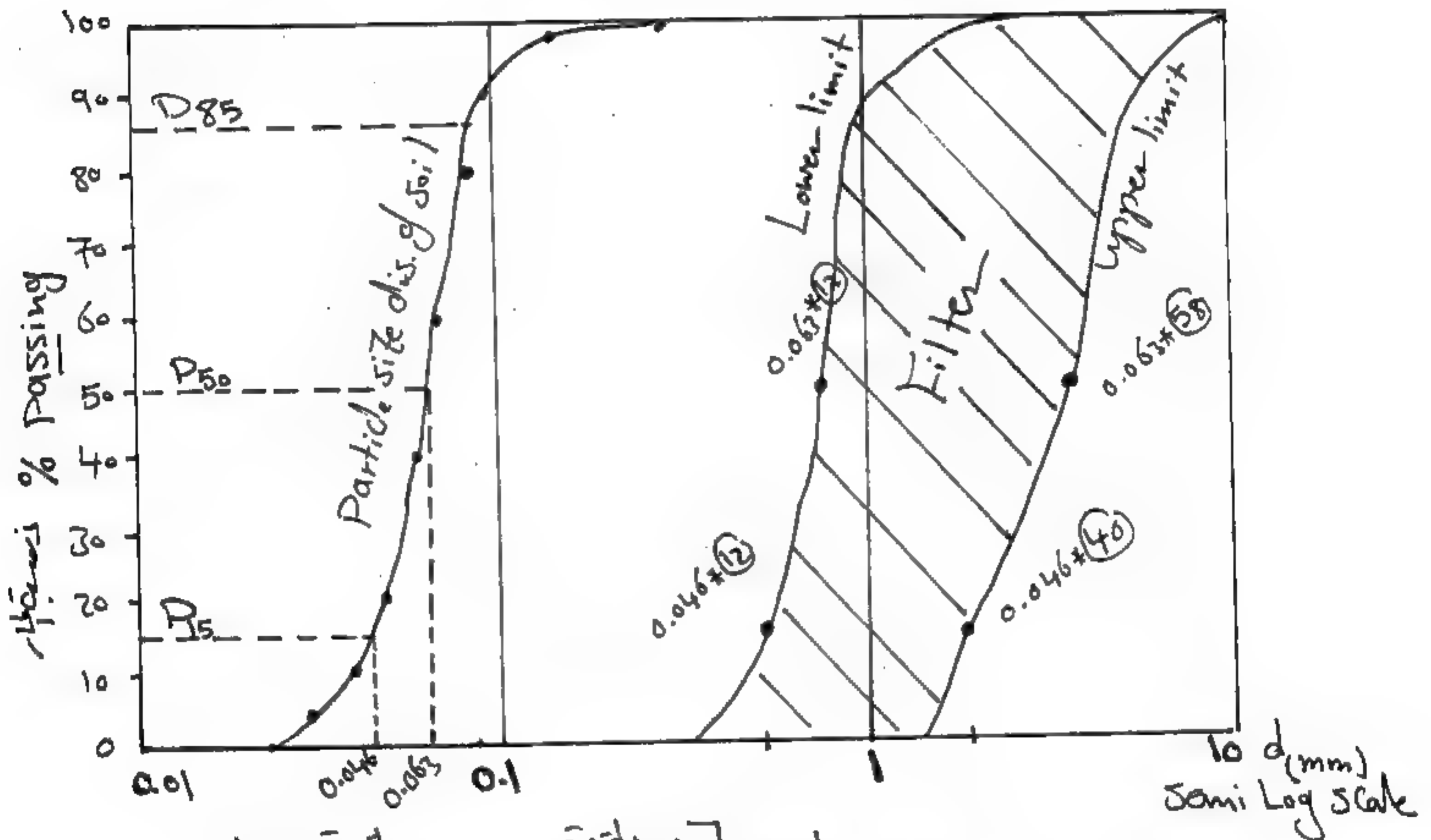
**2- الفلتر الصناعي : Synthitic and organic envelope**

يصنع من الألياف الصناعية ويستخدم حاليا علي نطاق واسع بدلا من المرشح الزلطي .

Design a graded gravel envelope for drain pipes (in fine sandy soil) with the following grain size distribution:

Size(diameter) (mm)	0.03	0.04	0.047	0.057	0.068	0.083	0.095	0.14	0.3
% finer (passing)	4	10	20	40	60	80	90	98	100

مقياس اختيارى = 5 cm  
Scale = 5 cm



$$[\text{Log (القيمة المرادة)} - \text{Log (القيمة الصغرى في المرحلة)}] * \text{Scale} = X$$

(حيث X هي المسافة المقاسة من القيمة الصغرى في المرحلة)

مثال

$$[\text{Log}(0.03) - \text{Log}(0.01)] * 5 = X \quad X = 2.4 \text{ cm}$$



21  
9  
1  
1

# Irrigation & Drainage Engineering

2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 9

صرف

## Saline soil

ملوحة التربة

المشاكل التي تنشأ من زيادة ملوحة التربة : Salinity problems

- 1- ارتفاع تركيز محلول التربة وبالتالي يزداد الضغط الاسموزي له فيصعب علي النبات سحب احتياجاته من الماء .
- 2- بعض الأملاح عند وجودها في التربة يؤدي ذلك إلي تكون تربة قليلة النفاذية.
- 3- وجود بعض الأملاح بتركيز كبير في التربة يؤدي إلي تلف الجذور .

استصلاح الأراضي الملحية : Reclamationالمبادئ الأساسية التي تعتمد عليها فكرة استصلاح الأراضي الملحية :

- 1- منع تكون أملاح جديدة.
- 2- غسيل الأملاح الموجودة للوصول بتركيز أملاح مناسب لنمو النبات.
- 3- استبدال الأملاح الغير قابلة للذوبان بأخري يسهل غسلها وإزالتها من التربة .

Causes of soil salinity

يعد ارتفاع منسوب المياه الجوفية هو السبب الرئيسي لملوحة التربة حيث تتبخر المياه من الطبقة السطحية وتترك الأملاح بالتربة.

الشوائب

\* Cations :  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  كيفية علاج الأملاح

\* Anions :  $Cl^-$ ,  $CO_3^{--}$  1- املاح قابلة للذوبان في الماء (كلوريد الصوديوم)

- يتم اضافة المياه للأرض بكميات كبيرة لإذابة الأملاح وخروجها مع مياه الصرف.

2- املاح غير قابلة للذوبان في الماء (كربونات الصوديوم)

CEC : Cation exchange Capacity

- يمكن ازالته بإضافة الجبس الزراعي (كبريتات الكالسيوم).  
(معالجة استبدال الكاتيونات) (الجير الحي)



5<sup>th</sup> Ep: Sodium exchangeable - تتحول الي كبريتات الصوديوم التي تذوب في الماء.

Percentage 5 → 15%

معادلة الألتزان الملحي :

$$EC_{iw} * D_{iw} = EC_{dw} * D_{dw}$$

Salt balance equation

$EC_{iw}$  = electric conductivity of the irrigation water

= salinity of irrigation water

التوصيل الكهربى لمياه الري (ملوحة مياه الري)

$EC_{dw}$  = electric conductivity of drainage water

= salinity of drainage water

التوصيل الكهربى لمياه الصرف (ملوحة مياه الصرف)

$D_{iw}$  = irrigation water added كمية مياه الري المضافة للأرض

$D_{dw}$  = drainage water كمية مياه الصرف المزالة من الأرض

Leaching requirement: احتياجات الغسيل

هي كمية المياه التي تضاف للتربة كنسبة من مياه الري وذلك للمحافظة علي الألتزان الملحي بها .

ويمكن حساب تلك النسبة بقسمة التوصيل الكهربى لمياه الري علي التوصيل الكهربى لمياه الصرف .

$$\therefore LR = \frac{EC_{iw}}{EC_{dw}} * 100 = \frac{D_{dw}}{D_{iw}} * 100$$

ويقاس التوصيل الكهربى للمحلول الملحي بوحدة تسمى (mmhos/cm)

$$1 \text{ mmhos/cm} = 640 \text{ gm/m}^3 = 640 \text{ PPM}$$

ويُقاس تركيز الأملاح "الملوحة salinity" بوحدة (PPm) = جزء من المليون

$$\text{PPm} = \text{Part Per million} = 1 \text{ gm/m}^3 = 1 \text{ mgm/litre}$$

### Example 1:

The electric conductivity of irrigation water in an area is 0.35 mmhos/cm. If the salinity of drainage water is 2.0 mmhos/cm, what is the leaching requirement for this area? What will be the drainage rate if the irrigation requirement is 10 mm/day?

### Solution

$$\text{LR} = \frac{\text{EC}_{\text{iw}}}{\text{EC}_{\text{dw}}} * 100 = \frac{0.35}{2} * 100 = 17.5\%$$

$$\text{LR} = \frac{D_{\text{dw}}}{D_{\text{iw}}} * 100$$

$$17.5 = \frac{D_{\text{dw}}}{10} * 100$$

$$D_{\text{dw}} = 1.75 \text{ mm/day}$$

حساب كمية الأملاح المضافة إلى الأرض "accumulated"

أو المزالة منها "removed"

Quantity of salts = volume of water x salt concentration

كمية الأملاح = حجم المياه x تركيز الملح بها





**Example 2:**

The salinity of ground water in an area of one hectare was 8 mmhos/cm and during a fallow season موسم الجفاف of 3 months the rate of capillary rise was 8 mm/day.

- How much salts will be removed from the soil at the end of the fallow period?
- How many tons of salts are contained in irrigation water added to 5 feddans during a crop season if the total crop water requirement is  $1000 \text{ m}^3 / \text{feddan}$  and the salinity of irrigation water is 0.9 mmhos/cm?

**Solution**

$$\text{a) volume of water} = 8 \times 10^{-3} \times 3 \text{ شهور} \times 30 \times 1 \times 10000 = 7200 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ mmhos/cm} = 640 \text{ gm/m}^3$$

$$\therefore \text{salt concentration} = 8 \times 640 = 5120 \text{ gm/m}^3$$

$$\text{Salt removed} = \text{volume of water} \times \text{salt concentration}$$

$$= 7200 \times 5120 \times 10^{-6} = 36.86 \text{ ton.}$$

$$\text{b) volume of water} = 1000 \times 5 = 5000 \text{ m}^3$$

$$\text{salt concentration} = 0.9 \times 640 = 576 \text{ gm / m}^3$$

$$\text{Salt accumulated} = \text{volume of water} \times \text{salt concentration}$$

$$= 5000 \times 576 \times 10^{-6} = 2.88 \text{ ton}$$

## Appendix

### Design Steps for Semi-Portable Irrigation System:

1)- Calculate Net Water Requirement (NWR) in mm:

$$\begin{aligned} NWR &= \frac{\gamma_s \cdot D}{\gamma_w} \cdot M_L \cdot (F.C - W.P) \\ &= A_s \cdot D \cdot (RAM) \end{aligned} \quad (\text{mm})$$

Where:

- $\gamma_s$  = Specific weight of soil,
- $\gamma_w$  = Unit weight of water,
- $D$  = Depth of root zone (mm),
- $F.C$  = Water content at field capacity,
- $W.P$  = Water content at at wilting point,
- $A_s$  = Apparent specific gravity of soil, and
- $RAM$  = Readily available moisture.

2)- Calculate Gross Water Requirement (GWR) in mm:

$$GWR = \frac{NWR \text{ (mm)}}{\text{System Design Efficiency } (E_a)} \times 100$$

3)- Calculate Period Between two Successive watering (T) in Days:

$$T = \frac{NWR \text{ (mm)}}{C_u \text{ (mm/day)}}$$

Where:

- $C_u$  = Maximum consumptive use of water for plant.

$T$  is approximated to a whole number ( $T_{actual}$ ) and then adjusts each of  $NWR$  and  $GWR$  according to  $T_{actual}$ .

4)- Calculate Available Number of Days for Irrigation(  $T_{avallable}$  ) During the Period (  $T_{actual}$  ) such that:

$$T_{avallable} \leq T_{actual}$$

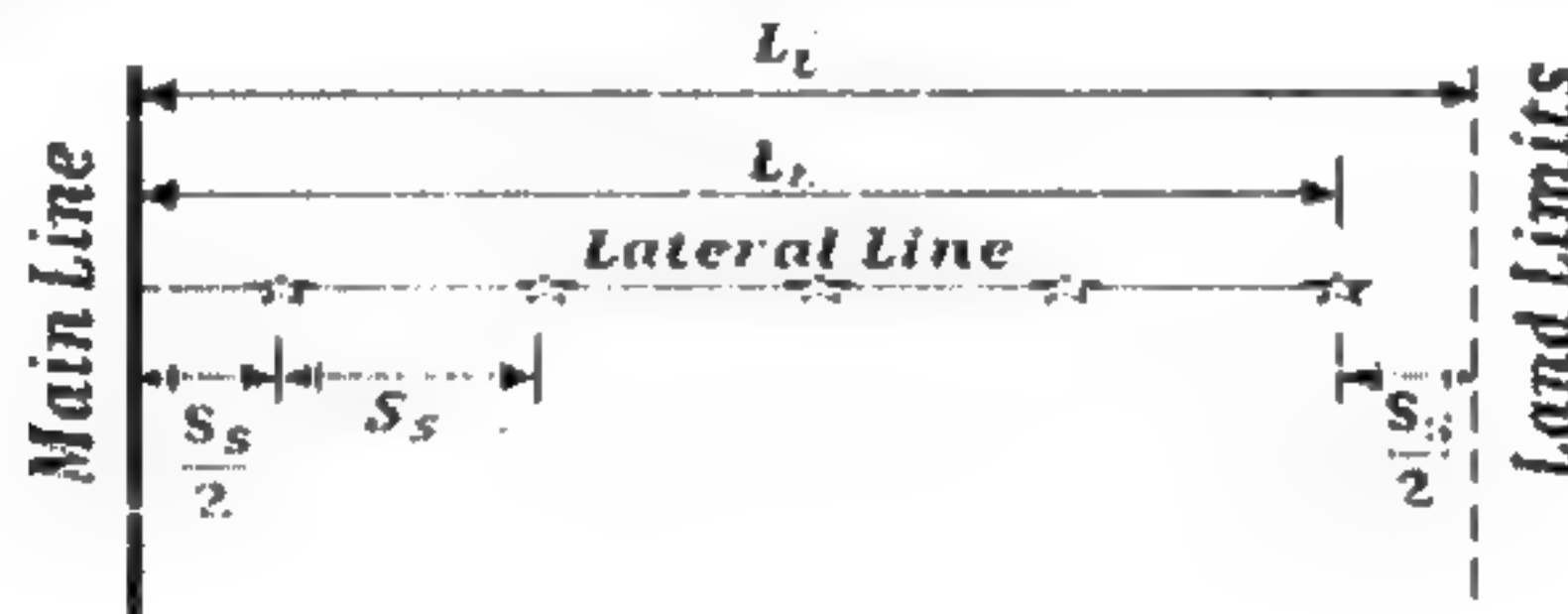
5)- Select the Sprinkler Spacing ( $S_s$ ) and the number of sprinklers ( $n_s$ ) Along the Lateral by one of the Following Methods:



- A)-  $S_s$  is usually selected to match lengths of aluminum pipes used (3, 6, 9, 12, 15),  
 B)-  $S_s$  is selected to match distances between rows of trees or crop,  
 C)-  $S_s$  is selected according to sprinkler overlapping ratio ( $P$ ) along the lateral and the wetted diameter of the sprinkler pattern ( $D_w$ ) under no wind:  $S_s = D_w(1-p)$   
 D)  $S_s$  is selected to match the dimensions of the land and the proposed alignment of the system: by considering the first sprinkler is located at a distance  $\frac{S_s}{2}$  from the beginning of the lateral and end sprinkler is located at a distance  $\frac{S_s}{2}$  from land limits.

$$n_s = \frac{L_L}{S_s} + 0.5 = \frac{L_L}{S_s}$$

Knowing  $L_L$  choose  $S_s = 3, 6, 9, 12, 15$  such that  $n_s$  is a whole number.



- 6)- Assume an Average value for the Application Rate ( $R_a$  mm/hour) such that  $R_{a, min} \leq R_a \leq I_c$  ( $I_c$  is the infiltration capacity of soil).
- Proposed values of  $R_{a, min}$  may be selected from the following table according to climatic regions:

Climatic Region	$R_{a, min}$ (mm/hour)
Coastal Cold	2.5-3.8
Coastal Warm	3.8-5.1
Arid Cold and Dry	3.8-5.1
Arid Warm and Dry	5.1-7.6
Desert and Cold	7.6-12.7
Desert and Hot	12.7-19.0

- 7)- Fix the time of irrigation for one set ( $T_{set}$  hours):

$$T_{Set} = \frac{GWR \text{ (mm)}}{R_a \text{ (mm/hour)}} \quad (\text{hours})$$

- 8)- Fix number of available working hours ( $t_{wh}$ ) per day such that:

$$T_{wh} \leq 24 \quad (\text{hours})$$

9)- Fix number of hours required to empty and move the lateral line from one position to another ( $t_{move}$ ) such that:

$$T_{move} = 1 - 2 \text{ (hours)}$$

10)- Fix number of travels for each lateral line ( $n_{set}$ ) per day such that:

$$n_{set} \leq T_{wh} / (T_{Set} + T_{move}) \quad (n_{set} \text{ Must be a whole number})$$

11)- Fix total number of positions ( $N_{set}$ ) the lateral line takes on one side of the main line during days of irrigation ( $n_d$ ):

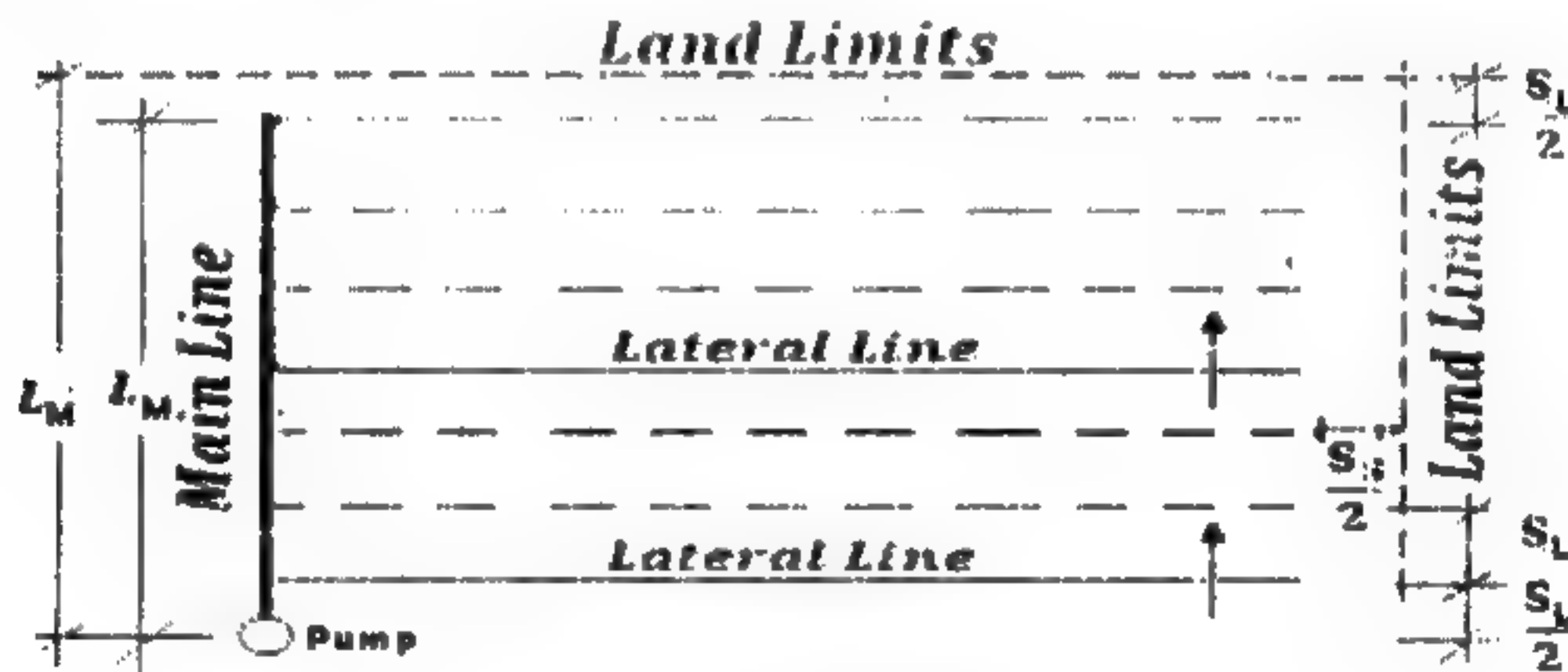
$$N_{set} = n_L \cdot n_{set} \cdot n_d \quad (1)$$

Or

by the aid of the following figure assuming the first position is located at a distance  $\frac{S_L}{2}$  from the beginning of the main line and last position is located at a distance  $\frac{S_L}{2}$  from land limits.

$$N_{set} = \frac{L_M}{S_L} + 0.5 = \frac{L_M}{S_L} \quad (2)$$

( $n_L$  is the number of laterals required to irrigate the field during days of irrigation,  $S_L$  is the distance between lateral lines along the main line,  $L_M$  is length of the main line,  $L_M$  is distance between land limits and the pump). If there is two main lines that have the same straight line,  $L_M$  is taken as the sum of the two lengths.



12)- Fix is the distance between lateral lines along the main line ( $S_L$ ) and the number of laterals required to irrigate the field during days of irrigation ( $n_L$ ):

Equating equations 1 & 2 yields:

$$n_L = \frac{L_M}{n_{set} \cdot n_d \cdot S_L}$$

Choose  $S_L = 3, 6, 9, 12, 15$  such that  $n_L$  is a nearest whole number.



### 13)- Choosing the suitable sprinkler:

From tables, Knowing average wind speed, average value for the Application Rate ( $R_a$ , mm hour), and the distances  $S_s$  &  $S_L$ , choose the suitable sprinkler (its orifice diameter mm, operating pressure, kg cm<sup>2</sup>, average discharge m<sup>3</sup>/hr, wet diameter m, and uniformity coefficient CU).

- Calculate actual application rate,  $R_a = \frac{q_s}{S_s S_L}$
- Calculate actual  $T_{set} = \frac{Dg}{R_a}$
- Calculate  $T_w = n_{set} (T_{set} + T_{move})$   $\leq$  allowable working hours per day.

### 14)- Calculate Lateral Diameter:

Follow steps illustrated in pages 222 - 228 and attached example.

(Check that  $\frac{h_{f(allowable)}}{H_u} < 20\%$ ).

### 15)- Design of the main Line:

The discharge of the main line decreases at positions of laterals. The main line may be divided into two portions. The length and discharge of each portion can be determined.



- Calculate the discharge for each portion:  
 $Q_m = n_l \times Q_l$  for each portion.
- Calculate the diameter of the pipe from  $Q = A \cdot V$   
(assume average velocity inside the pipe 1-2 m/sec)
- Calculate the head loss due to friction ( $h_f$ ) for each portion from Darcy's equation:  
 $h_{f1} = 4 F \cdot \frac{L_1}{d_1} \cdot \frac{V_1^3}{2g}$   $h_{f2} = 4 F \cdot \frac{L_2}{d_2} \cdot \frac{V_2^3}{2g}$  (assume a reasonable value for F)
- Calculate the total head loss due to friction for the pipe:  
 $H_f = h_{f1} + h_{f2}$
- Calculate the total head at beginning of the Line:  
 $H_m = H_u + h_f + 0.1h_f$   
(Assuming 10% more losses as a secondary losses)
- Check that  $\frac{h_f}{H_m} < 20\%$ .

### 16)- Determination Power of the Pump:

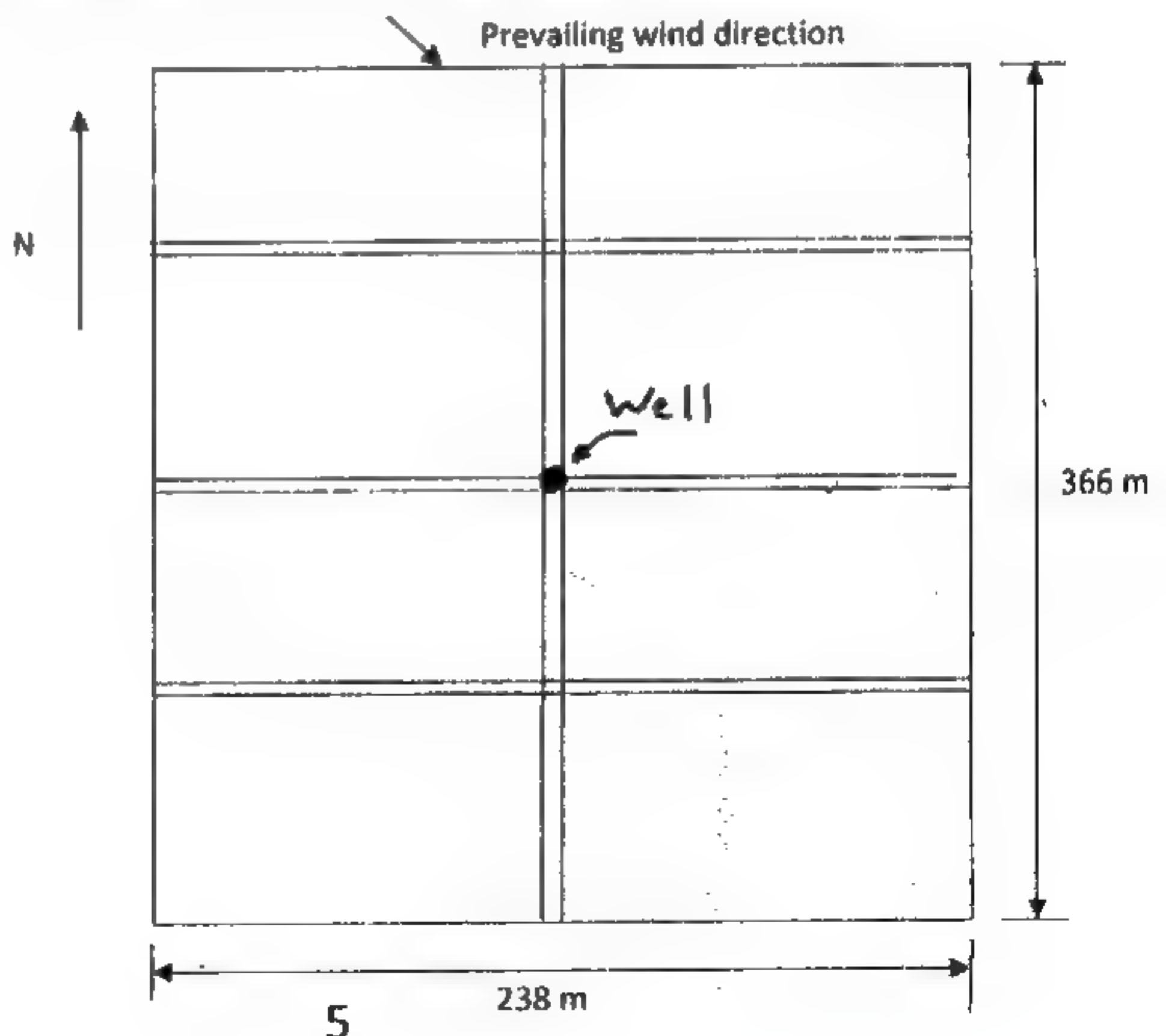
(see pages 232-233)

**Example:**

Design a semi-portable irrigation system for the field shown in Fig. The field is irrigated from a well located at the center of the field. The land is plane and horizontal. The design includes the determination of direction and number of laterals, mains, and their diameters and choosing the suitable sprinkler and spacing in addition to the power of the pump.

**Available data:**

- Average wind speed = 3 m/sec.
- Soil is sandy loam.
- Root depth = 0.9 m.
- Moisture level = 0.4.
- Maximum consumptive use of water for plant = 16 mm/day.
- Irrigation efficiency = 65%.
- Available time for irrigation including lateral movement  $\leq 20$  hours/day.
- Sprinkler rate 6 – 8.5 mm/hour.
- Number of irrigation (working) days  $\leq 85\%$  of irrigation interval.
- Depth of water inside the well = 60 m.
- Losses in suction pipe = 1 m.
- Pump efficiency = 70%.
- Motor efficiency = 0.95.
- Pipes of well from steel ( $\epsilon = 0.012$  cm).
- Pipes of main line from PVC ( $\epsilon = 0.004$  cm).
- Pipes of laterals from aluminum ( $\epsilon = 0.02$  cm).
- Available inside diameters mm: 12.5, 25.5, 37.5, 50, 62.5, 75, 100, 125, ..., 500.
- Specifications for sprinklers are given in attached tables.
- Riser height = 0.6 m.





[illegible]



Water Application Rate (mm/h)		0.5-1.0	2.0-3.0	3.3-4.3	4.6-5.6	5.8-6.8	7.1-8.1	8.4-9.4	9.7-10.7	10.9-11.9	12.2-13.2
SP 6 x 12 (S, x S <sub>2</sub> )	Nozzle Size Av. Pressure Av. Discharge Net Diameter Cu (%)	1.59 2.11 0.11 16.77 80.00	1.98 2.11 0.18 17.68 81.00	2.36 2.11 0.30 18.60 82.00	2.78 2.11 0.36 19.62 84.00	3.19 2.46 0.50 19.51 84.00	3.57 2.39 0.57 20.43 84.00	3.97 2.61 0.66 21.95 85.00	4.37 2.46 0.77 21.95 84.00	4.76 2.25 0.84 20.43 85.00	5.16 2.25 0.95 21.06 86.00
SP 9 x 12	Nozzle Size Av. Pressure Av. Discharge Net Diameter Cu (%)	1.98 2.11 0.18 17.68 80.00	2.36 2.11 0.30 18.60 82.00	2.78 2.36 0.39 20.43 85.00	3.19 2.36 0.57 20.43 85.00	3.57 2.31 0.68 22.87 82.00	3.97 2.17 0.86 23.17 83.00	4.37 2.17 1.11 24.70 84.00	4.76 2.17 1.23 25.00 85.00	5.16 2.17 1.54 27.74 86.00	5.56 2.17 1.86 29.74 87.00
SP 9 x 15	Nozzle Size Av. Pressure Av. Discharge Net Diameter Cu (%)	2.38 1.76 0.26 17.99 82.00	2.78 2.81 0.34 19.51 70.00	3.18 2.81 0.52 20.12 75.00	3.57 3.17 0.70 22.87 84.00	3.97 3.52 0.91 23.48 84.00	4.37 3.17 1.11 24.70 84.00	4.76 3.17 1.23 25.00 87.00	5.16 3.17 1.54 27.74 86.00	5.56 3.17 1.86 29.74 87.00	5.96 3.17 2.18 31.74 88.00
SP 12 x 12	Nozzle Size Av. Pressure Av. Discharge Net Diameter Cu (%)	2.38 1.76 0.26 17.99 80.00	2.78 2.11 0.45 18.90 80.00	3.18 2.46 0.61 21.04 83.00	3.57 2.46 0.77 22.87 83.00	3.97 2.91 0.95 21.04 83.00	4.37 2.46 1.20 23.17 84.00	4.76 2.81 1.36 23.78 87.00	5.16 2.81 1.52 25.00 86.00	5.56 2.81 1.86 27.74 86.00	5.96 2.81 2.18 31.74 88.00
SP 12 x 15	Nozzle Size Av. Pressure Av. Discharge Net Diameter Cu (%)	2.38 1.76 0.26 17.99 80.00	2.78 2.11 0.45 18.90 80.00	3.18 2.46 0.61 21.04 83.00	3.57 2.46 0.77 22.87 83.00	3.97 2.91 0.95 21.04 83.00	4.37 2.46 1.20 23.17 84.00	4.76 2.81 1.36 23.78 87.00	5.16 2.81 1.52 25.00 86.00	5.56 2.81 1.86 27.74 86.00	5.96 2.81 2.18 31.74 88.00
SP 12 x 18	Nozzle Size Av. Pressure Av. Discharge Net Diameter Cu (%)	2.38 1.76 0.26 17.99 80.00	2.78 2.11 0.45 18.90 80.00	3.18 2.46 0.61 21.04 83.00	3.57 2.46 0.77 22.87 83.00	3.97 2.91 0.95 21.04 83.00	4.37 2.46 1.20 23.17 84.00	4.76 2.81 1.36 23.78 87.00	5.16 2.81 1.52 25.00 86.00	5.56 2.81 1.86 27.74 86.00	5.96 2.81 2.18 31.74 88.00
SP 12 x 21 OR 12 x 24 OR 12 x 27	Nozzle Size Av. Pressure Av. Discharge Net Diameter Cu (%)	2.38 1.76 0.26 17.99 80.00	2.78 2.11 0.45 18.90 80.00	3.18 2.46 0.61 21.04 83.00	3.57 2.46 0.77 22.87 83.00	3.97 2.91 0.95 21.04 83.00	4.37 2.46 1.20 23.17 84.00	4.76 2.81 1.36 23.78 87.00	5.16 2.81 1.52 25.00 86.00	5.56 2.81 1.86 27.74 86.00	5.96 2.81 2.18 31.74 88.00
SP 18 x 18	Nozzle Size Av. Pressure Av. Discharge Net Diameter Cu (%)	4.76 4.22 1.77 32.62 80.00	5.16 4.57 2.20 33.84 82.00	5.56 4.57 2.52 35.06 83.00	5.96 4.57 2.86 36.28 84.00	6.35 4.79 3.45 37.80 84.00	6.75 4.79 3.77 39.10 84.00	7.15 4.79 4.09 40.40 84.00	7.55 4.79 4.41 41.70 84.00	7.95 4.79 4.73 43.00 84.00	8.35 4.79 5.05 44.30 84.00

جدول (4-4-ب):

الانتشار الأولي للررش

Wind 8 to 16 Km/hr  
RA (mm/hr)  
Nozzle Size (mm)  
Av. Press. (Kg/cm<sup>2</sup>)  
Av. Discharge (m<sup>3</sup>/hr)  
Net Diameter (m)



Water Application Rate											
0.8-1.6 2.0-3.0 3.3-4.3 4.6-5.6 5.8-6.8 7.1-8.1 8.4-9.4 9.7-10.7 10.8-11.9 12.7-13.2											
Nozzle Size											
1.59 1.98 2.38 2.38 2.78 3.18 3.57 3.97 4.37 4.76 5.16											
Av. Pressure											
2.11 2.11 2.11 2.11 2.11 2.11 2.11 2.11 2.11 2.11 2.11											
Av. Discharge											
0.11 0.18 0.30 0.30 0.36 0.57 0.66 0.77 0.84 0.98 1.16											
Wet Diameter											
13.72 14.33 14.94 14.94 16.46 16.77 17.68 18.68 19.21 20.74 21.40											
Cu (x)											
72.00 73.00 76.00 76.00 81.00 83.00 84.00 84.00 86.00 86.00 85.00											
Nozzle Size											
1.96 2.38 2.38 2.78 3.18 3.57 3.97 4.37 4.76 5.16 5.16											
Av. Pressure											
2.11 2.11 2.11 2.11 2.11 2.11 2.11 2.11 2.11 2.11 2.11											
Av. Discharge											
0.18 0.30 0.30 0.36 0.57 0.66 0.77 0.84 0.98 1.16 1.16											
Wet Diameter											
14.33 14.94 14.94 16.46 16.77 17.68 18.68 19.21 20.74 21.40 21.40											
Cu (x)											
80.00 69.00 72.00 73.00 75.00 76.00 80.00 81.00 81.00 84.00 84.00											
Nozzle Size											
2.57 3.17 3.57 3.97 4.37 4.76 5.16 5.56 5.96 6.35 6.35											
Av. Pressure											
2.46 2.46 2.46 2.46 2.46 2.46 2.46 2.46 2.46 2.46 2.46											
Av. Discharge											
0.77 0.77 0.98 0.98 1.36 1.36 1.36 1.36 1.36 1.36 1.36											
Wet Diameter											
18.90 18.90 19.21 19.21 20.43 20.43 20.43 20.43 21.04 21.04 21.04											
Cu (x)											
60.00 65.00 65.00 72.00 72.00 76.00 76.00 81.00 81.00 83.00 83.00											
Nozzle Size											
3.57 3.97 4.37 4.76 5.16 5.56 5.96 6.35 6.75 7.14 7.14											
Av. Pressure											
3.17 3.17 3.17 3.17 3.17 3.17 3.17 3.17 3.17 3.17 3.17											
Av. Discharge											
0.98 0.98 1.11 1.11 1.29 1.29 1.29 1.29 1.54 1.54 1.54											
Wet Diameter											
20.43 20.43 21.04 21.04 21.04 21.04 22.26 22.26 22.26 22.26 22.26											
Cu (x)											
65.00 65.00 75.00 75.00 75.00 75.00 80.00 80.00 83.00 83.00 83.00											
Nozzle Size											
3.97 4.37 4.76 5.16 5.56 5.96 6.35 6.75 7.14 7.54 7.54											
Av. Pressure											
2.46 2.46 2.46 2.46 2.46 2.46 2.46 2.46 2.46 2.46 2.46											
Av. Discharge											
0.98 0.98 1.23 1.23 1.41 1.41 1.41 1.41 1.66 1.66 1.66											
Wet Diameter											
19.51 20.43 20.43 20.73 20.73 20.73 22.26 22.26 23.17 23.17 23.17											
Cu (x)											
55.00 60.00 60.00 70.00 70.00 70.00 75.00 75.00 77.00 77.00 77.00											
Nozzle Size											
3.97 4.37 4.76 5.16 5.56 5.96 6.35 6.75 7.14 7.54 7.54											
Av. Pressure											
3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52											
Av. Discharge											
1.18 1.18 1.41 1.41 1.70 1.70 1.70 1.70 2.00 2.00 2.00											
Wet Diameter											
20.43 21.34 21.34 22.67 22.67 22.67 25.91 25.91 28.22 28.22 28.22											
Cu (x)											
84.00 70.00 70.00 73.00 73.00 73.00 81.00 81.00 82.00 82.00 82.00											
Nozzle Size											
4.37 4.76 5.16 5.56 5.96 6.35 6.75 7.14 7.54 7.93 7.93											
Av. Pressure											
3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52											
Av. Discharge											
1.18 1.18 1.41 1.41 1.70 1.70 1.70 1.70 2.00 2.00 2.00											
Wet Diameter											
20.43 21.34 21.34 22.67 22.67 22.67 25.91 25.91 28.22 28.22 28.22											
Cu (x)											
84.00 70.00 70.00 73.00 73.00 73.00 81.00 81.00 82.00 82.00 82.00											
Nozzle Size											
4.76 5.16 5.56 5.96 6.35 6.75 7.14 7.54 7.93 8.33 8.33											
Av. Pressure											
3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52											
Av. Discharge											
1.41 1.41 1.70 1.70 2.00 2.00 2.00 2.00 2.30 2.30 2.30											
Wet Diameter											
21.40 21.40 22.97 22.97 25.20 25.20 25.20 25.20 28.09 28.09 28.09											
Cu (x)											
86.00 75.00 75.00 79.00 79.00 79.00 86.00 86.00 88.00 88.00 88.00											
Nozzle Size											
5.16 5.56 5.96 6.35 6.75 7.14 7.54 7.93 8.33 8.72 8.72											
Av. Pressure											
3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52											
Av. Discharge											
1.79 1.79 2.00 2.00 2.30 2.30 2.30 2.30 2.60 2.60 2.60											
Wet Diameter											
22.56 22.56 24.54 24.54 27.43 27.43 27.43 27.43 31.23 31.23 31.23											
Cu (x)											
85.00 85.00 95.00 95.00 100.00 100.00 100.00 100.00 110.00 110.00 110.00											
Nozzle Size											
5.56 5.96 6.35 6.75 7.14 7.54 7.93 8.33 8.72 9.12 9.12											
Av. Pressure											
3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52											
Av. Discharge											
2.00 2.00 2.30 2.30 2.60 2.60 2.60 2.60 2.90 2.90 2.90											
Wet Diameter											
24.54 24.54 27.43 27.43 30.32 30.32 30.32 30.32 34.12 34.12 34.12											
Cu (x)											
83.00 83.00 95.00 95.00 100.00 100.00 100.00 100.00 110.00 110.00 110.00											
Nozzle Size											
5.96 6.35 6.75 7.14 7.54 7.93 8.33 8.72 9.12 9.51 9.51											
Av. Pressure											
3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52											
Av. Discharge											
2.30 2.30 2.60 2.60 2.90 2.90 2.90 2.90 3.20 3.20 3.20											
Wet Diameter											
26.87 26.87 30.32 30.32 33.46 33.46 33.46 33.46 37.26 37.26 37.26											
Cu (x)											
83.00 83.00 95.00 95.00 100.00 100.00 100.00 100.00 110.00 110.00 110.00											
Nozzle Size											
6.35 6.75 7.14 7.54 7.93 8.33 8.72 9.12 9.51 9.91 9.91											
Av. Pressure											
3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52 3.52											
Av. Discharge											
2.60 2.60 2.90 2.90 3.20 3.20 3.20 3.20 3.50 3.50 3.50											
Wet Diameter											
28.54 28.54 32.80 32.80 36.35 36.35 36.35 36.35 40.81 40.81 40.81											
Cu (x)											
74.00 74.00 85.00 85.00 95.00 95.00 95.00 95.00 100.00 100.00 100.00											

جدول (4-4):

الاختيار الأولى للرشاش

Wind: 24 to 32 Km/hr

Ra : (mm/hr)

Nozzle Size: (mm)

Av. Press: (Kg/cm<sup>2</sup>)

Av. Discharge: (m<sup>3</sup>/hr.)

Wet Diameter: (m)

SP 9 X 15	SP 12 X 15	SP 9 X 16	SP 12 X 16	SP 9 X 18	SP 12 X 18	SP 9 X 21	SP 12 X 21	SP 9 X 24	SP 12 X 24	SP 9 X 27	SP 12 X 27
Nozzle Size	Nozzle Size	Nozzle Size	Nozzle Size	Nozzle Size	Nozzle Size	Nozzle Size	Nozzle Size	Nozzle Size	Nozzle Size	Nozzle Size	Nozzle Size
Av. Pressure	Av. Pressure	Av. Pressure	Av. Pressure	Av. Pressure	Av. Pressure	Av. Pressure	Av. Pressure	Av. Pressure	Av. Pressure	Av. Pressure	Av. Pressure
Av. Discharge	Av. Discharge	Av. Discharge	Av. Discharge	Av. Discharge	Av. Discharge	Av. Discharge	Av. Discharge	Av. Discharge	Av. Discharge	Av. Discharge	Av. Discharge
Wet Diameter	Wet Diameter	Wet Diameter	Wet Diameter	Wet Diameter	Wet Diameter	Wet Diameter	Wet Diameter	Wet Diameter	Wet Diameter	Wet Diameter	Wet Diameter
Cu (x)	Cu (x)	Cu (x)	Cu (x)	Cu (x)	Cu (x)	Cu (x)	Cu (x)	Cu (x)	Cu (x)	Cu (x)	Cu (x)
1.96	2.38	2.38	2.78	3.18	3.57	3.97	4.37	4.76	5.16	5.56	5.96
2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11
0.18	0.30	0.30	0.36	0.57	0.66	0.77	0.84	0.98	1.16	1.34	1.52
14.33	14.94	16.46	16.77	17.68	18.68	19.21	20.74	21.40	22.97	23.63	25.20
80.00	69.00	72.00	73.00	74.00	74.00	77.00	79.00	80.00	81.00	82.00	83.00
2.57	3.17	3.57	3.97	4.37	4.76	5.16	5.56	5.96	6.35	6.75	7.14
2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46
0.77	0.77	0.98	0.98	1.18	1.18	1.29	1.29	1.54	1.54	1.54	1.54
18.90	18.90	19.21	19.21	20.43	20.43	21.04	21.04	22.26	22.26	22.26	22.26
70.00	72.00	72.00	72.00	76.00	76.00	81.00	81.00	81.00	83.00	83.00	83.00
3.57	3.97	4.37	4.76	5.16	5.56	5.96	6.35	6.75	7.14	7.54	7.93
3.17	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17
0.98	0.98	1.11	1.11	1.29	1.29	1.41	1.41	1.66	1.66	1.66	1.66
20.43	20.43	21.04	21.04	21.04	21.04	22.26	22.26	23.17	23.17	23.17	23.17
60.00	65.00	65.00	70.00	70.00	70.00	75.00	75.00	77.00	77.00	77.00	77.00
3.97	4.37	4.76	5.16	5.56	5.96	6.35	6.75	7.14	7.54	7.93	8.33
2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46
0.98	0.98	1.23	1.23	1.41	1.41	1.70	1.70	2.00	2.00	2.00	2.00
19.51	20.43	20.43	20.73	20.73	20.73	22.26	22.26	23.17	23.17	23.17	23.17
55.00	60.00	60.00	70.00	70.00	70.00	75.00	75.00	77.00	77.00	77.00	77.00
3.97	4.37	4.76	5.16	5.56	5.96	6.35	6.75	7.14	7.54	7.93	8.33
3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52
1.18	1.18	1.41	1.41	1.70	1.70	2.00	2.00	2.30	2.30	2.30	2.30
20.43	21.34	21.34	22.67	22.67	22.67	25.91	25.91	28.22	28.22	28.22	28.22
84.00	70.00	70.00	73.00	73.00	73.00	81.00	81.00	82.00	82.00	82.00	82.00
3.97	4.37	4.76	5.16	5.56	5.96	6.35	6.75	7.14	7.54	7.93	8.33
3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52
1.18	1.18	1.41	1.41	1.70	1.70	2.00	2.00	2.30	2.30	2.30	2.30
19.51	20.43	20.43	20.73	20.73	20.73	22.26	22.26	23.17	23.17	23.17	23.17
55.00	60.00	60.00	70.00	70.00	70.00	75.00	75.00	77.00	77.00	77.00	77.00
3.97	4.37	4.76	5.16	5.56	5.96	6.35	6.75	7.14	7.54	7.93	8.33
3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52
1.18	1.18	1.41	1.41	1.70	1.70	2.00	2.00	2.30	2.30	2.30	2.30
20.43	21.34	21.34	22.67	22.67	22.67	25.91	25.91	28.22	28.22	28.22	28.22
84.00	70.00	70.00	73.00	73.00	73.00	81.00	81.00	82.00	82.00	82.00	82.00
3.97	4.37	4.76	5.16	5.56	5.96	6.35	6.75	7.14	7.54	7.93	8.33
3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52
1.18	1.18	1.41	1.41	1.70	1.70	2.00	2.00	2.30	2.30	2.30	2.30
19.51	20.43	20.43	20.73	20.73	20.73	22.26	22.26	23.1			

غالباً ما يكون أقصى ضغط عند بداية الخط، وأقل ضغط عند نهايته، ومن معادلة الطاقة (برنولي) ينتج أن:

$$\left(\frac{\Delta p}{\gamma_w}\right) = \frac{p_1}{\gamma_w} - \frac{p_2}{\gamma_w} = (z_2 - z_1) + \left(\frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g}\right) + h_{L_{1,2}} \quad (4-11-a)$$

حيث  $h_{L_{1,2}}$  تشمل الفاقد نتيجة الاحتكاك والفواقد الثانوية. وبإهمال فرق ضاغط السرعات لصغره ينتج أن:

$$\left(\frac{\Delta p}{\gamma_w}\right) = (z_2 - z_1) + h_{L_{1,2}} \leq 0.2 \left(\frac{p_o}{\gamma_w}\right) \quad (4-11-b)$$

$$\text{i.e. } h_{L_{1,2}} \leq 0.2 \left(\frac{p_o}{\gamma_w}\right) + (z_1 - z_2) \quad (4-11-c)$$

يمكن تحديد مصادر الفواقد الثانوية (الوصلات، الصمامات ... الخ) وتقديرها بدقة بدلالة ضاغط السرعة في بداية الخط، أو تؤخذ حوالى 10-15% من الفاقد نتيجة الاحتكاك ( $h_f$ )، وعلى ذلك ينتج أن:

$$h_{L_{1,2}} = (1.1 \rightarrow 1.15) h_{f_{1,2}} \leq 0.2 \left(\frac{p_o}{\gamma_w}\right) + (z_1 - z_2) \quad (4-11-d)$$

$$\text{i.e. } h_{f_{1,2}} \leq \frac{1}{(1.1 \rightarrow 1.15)} \left[ \left(\frac{p_o}{\gamma_w}\right) + (z_1 - z_2) \right] \quad (4-11-e)$$

ولحساب القطر المطلوب  $d$  (ثابت) والذي يسبب فاقدًا بالاحتكاك يساوى  $h_f$  فى أنبوب طوله  $L$ ، ويمر فيه تصرف ثابت  $Q$  يمكن استعمال أى من المعادلات : دارسى-فايسباخ، هازان-ويليامز، أو سكوبى، وإن كانت الأولى هى الأنق. وحيث أن التصرف خلال خط الرشاشات يتناقص تدريجياً فى اتجاه التدفق، يراعى ضرب الطرف الأيمن لهذه المعادلات فى المعام  $(F)$ ، جدول (5-4)، ويسمى معامل الفتحات. وقيمة  $(m)$  فى هذا الجدول تساوى قيمة الأس للتصرف  $Q$  تبعاً للمعادلة المستعملة. أما فى الأنابيب التى يمر فيها تدفق ثابت من بدايتها إلى نهايتها فيجب اعتبار  $I = F$

أولاً: معادلة دارسى-فايسباخ (Darcy-Weisbach's equation)

$$h_f = F \left(\frac{8}{\pi^2 g}\right) \lambda L \left(\frac{Q^2}{d^5}\right), m = 2 \quad (4-12)$$

وهذه المعادلة متجانسة بعدى، لذا يمكن استخدام أية وحدات متجانسة فيها،  $\lambda$  = معامل الاحتكاك (كمية غير بعدية)، وتعتمد قيمته على كلا من رقم رينولدز ( $R_N$ ) للتدفق، محسوباً على أساس السرعة المتوسطة عند مدخل الأنبوب، والخشونة النسبية  $\left(\frac{E}{d}\right)$ ، حيث  $E =$  الخشونة المطلقة المعادلة لجدار الأنبوب، حسب نوع مادة الأنبوب وحالة جداره الداخلى.

$$R_N = \frac{4}{\pi} \left(\frac{\rho Q}{\mu d}\right) \quad (4-13-a)$$

حيث  $\rho$ ،  $\mu$  كثافة الماء ولزوجته الديناميكية، على الترتيب.



18  
9/1/09

# IRRIGATION AND DRAINAGE ENGINEERING

2<sup>nd</sup> Year civil

Second Term (2009)

**= • Revision Mid Term • =**

هندسة الري

**= • 2009 • =**

مع أطيب التمنيات بالنجاح والتوفيق  
مركز الفارس للخدمات الطلابية

كوبري الجامعة أسفل قاعة علاء الدين  
Tel: 0101772782 - 0105739116

Zagazig University Faculty of Engineering Civil Engineering Dept	Mid Term Exam April 2004	Irrigation Engineering
--	-----------------------------	------------------------

6} N.B: Solve the irrigation and drainage in two separate sheets

Answer the following questions

Question (1):

(5-degrees)

Compare between each pair of the following terms:

- Field capacity and wetting point.
- Crop rotation and irrigation rotation.
- Water application efficiency and water distribution efficiency.

Question (2):

(10-degrees)

A rice zone of area served 12000 feddans irrigated from a main canal in two turns (A) and (B). If the area served of the (A) turn is 40% of the total main canal area served and the crop pattern for the whole area is as follows: 35% cotton, 30% rice and 25% sharaki prepared to be cultivated with maize. If the working period is 4 days, it is required to

- Calculate the field water duty?
- Calculate the water duty and the discharge of the distributor canals (A) and (B)?
- Calculate the water duty and the discharge of the main canal?
- What the corresponding values after the turn of sharaki irrigation?

With best wishes,

Exam Committee



Q(1):

(a) Field Capacity

هو نسبة الرطوبة الموجودة بالتربة بعد انتقال الماء الجاذبي وتكون التربة في حالة مستقرة ثابتة.

Wilting Point

هو نسبة الرطوبة داخل التربة التي يجدها النبات صعبة في امتصاص الماء داخل التربة.

(b) Crop rotation

هو تبادل زراعي لاحتياجات مختلفة على نفس التربة لزيادة الإنتاجية.

Irrigation rotation

هو عملية تبادل ري لاحتياجات مختلفة.

(c) application eff.

$$E_a = \frac{W_s}{W_f} \times 100$$

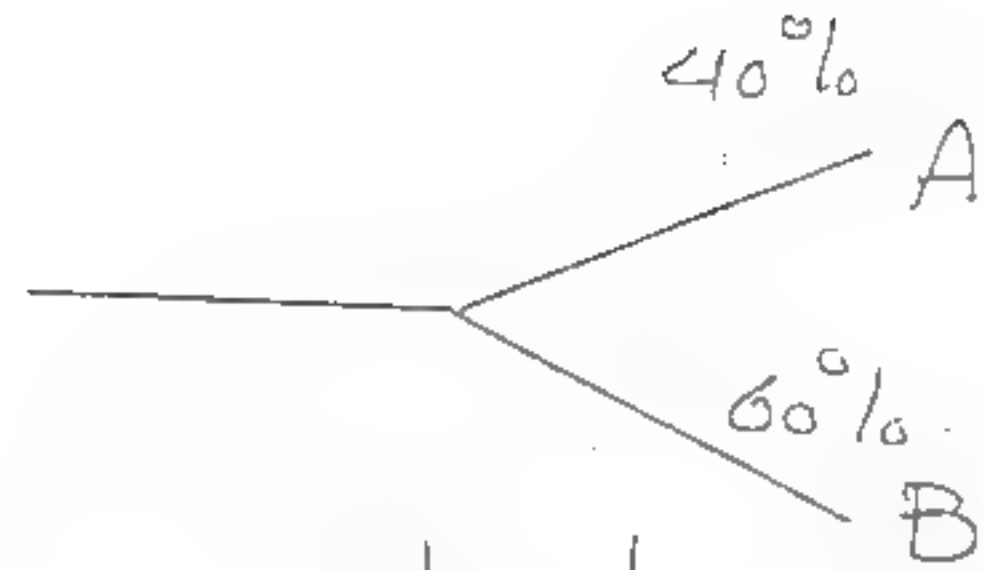
هو نسبة مياه الري التي تتسرب إلى التربة من إجمالي مياه الري.

distribution eff.

$$E_d = \left(1 - \frac{y}{d}\right) \times 100$$

Q(2):

Given: - Area = 12000 f.



Cotton	Rice	Sharaki
35%	30%	25%
350 m <sup>3</sup> /fld	420	760
14-18 day	8	28-36

- working period = 4 day

Req:

a - F.W.D = ?

b - (D.C) w.D = ??

(D.C) A = ??

(D.C) B = ??

c - (M.C) w.D = ??

(M.C) = ??

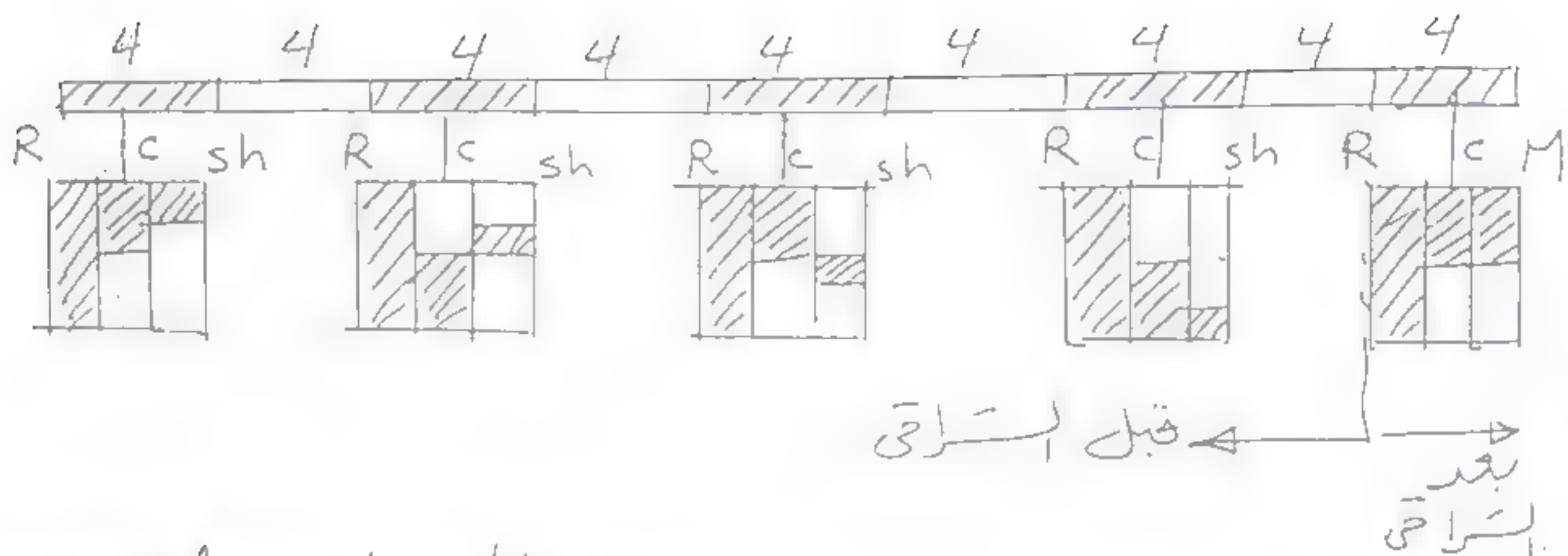
d - after sharaki irrigation.

Sol:

$$\text{Area (A)} = \frac{40}{100} \times 12000 = 4800 \text{ f.}$$

$$\text{Area (B)} = \frac{60}{100} \times 12000 = 7200 \text{ f.}$$





before sharaki:

$$- F.W.D = \frac{0.3 \times 420}{4 \times 1} + \frac{0.35 \times 350}{4 \times 2} + \frac{0.25 \times 760}{4 \times 4}$$

$$= 58.7 \text{ m}^3/\text{ft}/\text{day}$$

$$- (D.C)_{w.D} = 1.1 \times 58.7 = 64.6 \text{ m}^3/\text{ft}/\text{d}$$

$$- (M.C)_{w.D} = \frac{1.2 \times 58.7}{2} = 35.2 \text{ m}^3/\text{ft}/\text{d}$$

$$(\text{D.C})_{A}^{\text{النسبة}} = \frac{64.6 \times 4800}{24 \times 60 \times 60} = 3.58 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$(\text{D.C})_{B}^{\text{النسبة}} = \frac{64.6 \times 7200}{24 \times 60 \times 60} = 5.38 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{M.C} = \frac{(M.C)_{w.D} \times \text{designed area surfed}}{24 \times 60 \times 60}$$

$$= \frac{35.2 \times (7200 \times 2)}{24 \times 60 \times 60} = 5.9 \text{ m}^3/\text{s}$$

(4)

after sharaiki:

$$F.W.D = \frac{0.3 \times 420}{4 \times 1} + \frac{0.35 \times 350}{4 \times 2} + \frac{0.25 \times 350}{4 \times 2}$$
$$= 57.8 \text{ m}^3/\text{f/d}$$

$$(D.C)_{w.D} = 1.1 \times 57.8 = 63.6 \text{ m}^3/\text{f/d}$$

$$(M.C)_{w.D} = \frac{1.2 \times 57.8}{2} = 34.7 \text{ m}^3/\text{f/d}$$

$$(\text{Q.D.C})_A = \frac{63.6 \times 4800}{24 \times 60 \times 60} = 3.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$(\text{Q.D.C})_B = \frac{63.6 \times 7200}{24 \times 60 \times 60} = 5.3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$(\text{Q.M.C}) = \frac{34.7 \times (7200 \times 2)}{24 \times 60 \times 60} = 5.8 \text{ m}^3/\text{s}$$



Q1- If the soil moisture characteristics of a clayey soil which has a bulk density of  $1.25 \text{ gm/cm}^3$  is given below in a table, the soil moisture tension in a depth equal to the root zone is equivalent to 760 cm of mercury.

It is required to :

- 1- The depth would the irrigation application of 2.4 inch of water sock the soil.
- 2- Determine the pore space of the soil if the average value of particle density is  $2.5 \text{ gm/cm}^3$
- 3- What would be the saturation, and wilting coefficients.
- 4- Find the soil moisture deficiency. *clay* *sand*

S.M.T(atm.)	0.00	0.2	0.33	0.50	1.0	5.0	15.0
Pw (%)	42.3	34.8	28.6	26.3	24.5	19.8	17.4

Q2- write the relationship between each of the following pairs:

- a- volume of moisture content and apparent specific gravity
- b- frequency of irrigation and depth of water stored in the root zone
- c- discharge passing through canal cross section and area served
- d- soil moisture stress and osmotic pressure

Q3- prove that:

- a-  $n = 1 - (A_s/R_s)$
- b-  $e = (R_s/A_s) - 1$
- c-  $P_v = P_w \times A_s$

Q4-

- a- what is the main assumption made by kirkham to solve his steady state solution of the drain spacing equation.
- b- Drive the Donnan equation for the spacing of ditches detailing the assumptions and limitations of the equation. Explain also the significant of the equivalent depth term which Hooghout introduce into this equation
- c- A drain system was installed at a spacing of 30.0 m in a soil with hydraulic conductivity of 10.0 cm/day. The depth of impermeable layer was 6.0 m below drains. What will be the value of head loss at entry if corrugated plastic pipe of diameter 80-mm and resistance factor 0.1 was used for steady water condition inducing a water table height 0.60 m med way between drains.

$$h = \frac{\alpha \cdot q}{K}$$

(6)

Q (1):

Given:

$$\gamma_{bulk} = 1.25 \text{ kg/cm}^3$$

↙ clay
↘ sand

S.M.T (atm)	0.0	0.2	0.33	0.5	1.0	5.0	15.0
Pw %	42.3	34.8	28.6	26.3	24.5	19.8	17.4

S.M.T.  $\approx$  760 cm of mercury

Req.:

- 1 -  $D = 2.4 \text{ inch} \rightarrow d = ??$
- 2 -  $n = ??$  ,  $R_s = 2.5$
- 3 - Sat. Coeff.  
Wilting Coeff.
- 4 - Soil moisture deficiency

Sol.:

$$D = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \times d \times M.L \times [F - W]$$

6.1 cm

---

$D = 2.4 \text{ inch}$

---

$d =$

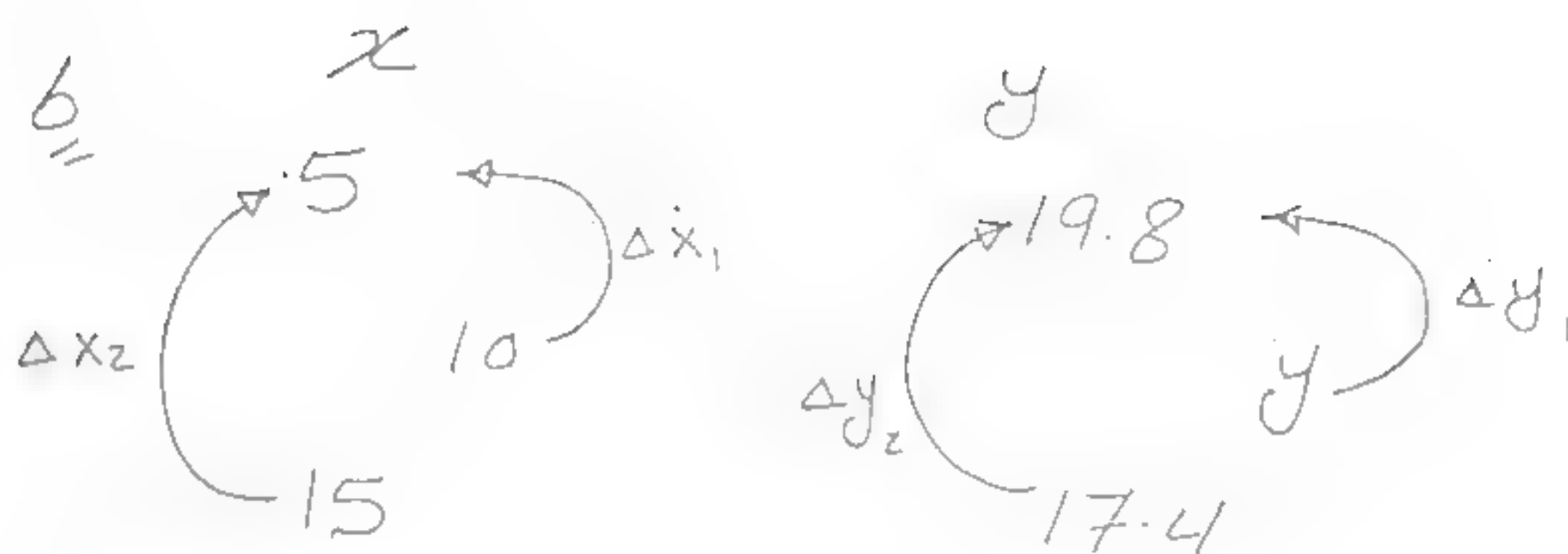
$\therefore$  S.M.T at wilting

$$= \frac{760}{7.6} = 10 \text{ atm.}$$

76 قیہ، لقیہ، کوری

[7]





$$\therefore \frac{\Delta x_1}{\Delta x_2} = \frac{\Delta y_1}{\Delta y_2}$$

$$\frac{10 - 5}{15 - 5} = \frac{y - 19.8}{17.4 - 19.8}$$

$$\therefore y = P_w \% = W = 18.6 \%$$

\* قوة استرجاع الزيت من الزيت الحقلية

الحقلية  $\approx 0.33$  صحت جوي

\* قوة استرجاع الزيت من الزيت الحقلية

الحقلية  $\approx 0.5$  صحت جوي

at Field capacity S.M.T = 0.33

from table  $P_w = 28.6 \%$

$$\therefore 6.1 = \frac{1.25}{1.0} \times d \times 0.8 \times [0.286 - 0.186]$$

$$\therefore d = 61.0 \text{ cm} \neq !$$

$$- n = \left(1 - \frac{A_s}{R_s}\right) \times 100$$

$$= \left(1 - \frac{1.25}{2.5}\right) \times 100 = 50\% \quad \# 2$$

- Wilting Coeff = ultimate wilting  
= permanent wilting.

from table wilting Coeff = 17.4%  
" " Sat. " = 42.3%

$$\text{Soil moisture deficiency} = 28.6 - 18.6 \\ = 10\% \quad \#$$

$$\frac{Q(z)}{a \times P_v} = \frac{A_s'}{P_v} \\ P_v = P_w \times A_s \quad \#$$

b \*

$$F = \frac{D}{C_u} \quad \#$$

c \*

$$Q = \frac{W \cdot D \times A}{24 \times 60 \times 60} \quad \#$$



Soil moisture stress = S.M.T + O. pressure

Q(3): Prove:

$$a - n = 1 - \frac{A_s}{R_s}$$

$$A_s = \frac{W_s}{V_t \times \gamma_w}$$

$$R_s = \frac{W_s}{V_{s'} \times \gamma_w}$$

$$\frac{A_s}{R_s} = \frac{\cancel{W_s}}{\cancel{V_t} \times \cancel{\gamma_w}} \times \frac{\cancel{V_{s'}} \times \cancel{\gamma_w}}{\cancel{W_s}} = \frac{V_s}{V_t}$$

$$n = \frac{V_v}{V_t} = \frac{V_t - V_{s'}}{V_t}$$

$$n = 1 - \frac{V_{s'}}{V_t}$$

$$\therefore n = 1 - \frac{A_s}{R_s} \quad \#$$

$$b - e = \left( \frac{R_s}{A_s} - 1 \right)$$

$$\frac{R_s}{A_s} = \frac{V_t}{V_{s'}}$$

$$e = \frac{V_v}{V_{s'}} = \frac{V_t - V_s}{V_s} = \frac{V_t}{V_s} - 1$$

(b)

$$\therefore e = \left( \frac{R_s}{A_s} - 1 \right) \neq$$


---

C-  $P_v = P_w \times A_s$

$$P_v = \frac{V_w}{V_t} \rightarrow \textcircled{1}$$

$$P_w \times A_s = \frac{W_w}{\cancel{W_{s'}}} \times \frac{\cancel{W_{s'}}}{V_t \times \gamma_w}$$

$$= \frac{W_w}{V_t \times \gamma_w}$$

$$\gamma_w = \frac{W_w}{V_w}$$

$$P_w \times A_s = \frac{\cancel{W_w} \times V_w}{V_t \times \cancel{W_w}} = \frac{V_w}{V_t} \rightarrow \textcircled{2}$$

$$\therefore P_v = P_w \times A_s \neq$$


---

Q(4):

(a)

الفرق الرئيسي لمعادلة كركهام انه لا توجد  
خواب قد نتيجه لتسريان الجوري فوق مستوى  
المعرف

(b)

اثبات Pennan

و شرط معادله Hooghout



C-  $L = 30 \text{ m}$

$k = 10 \text{ cm/day} = 0.1 \text{ m/day}$

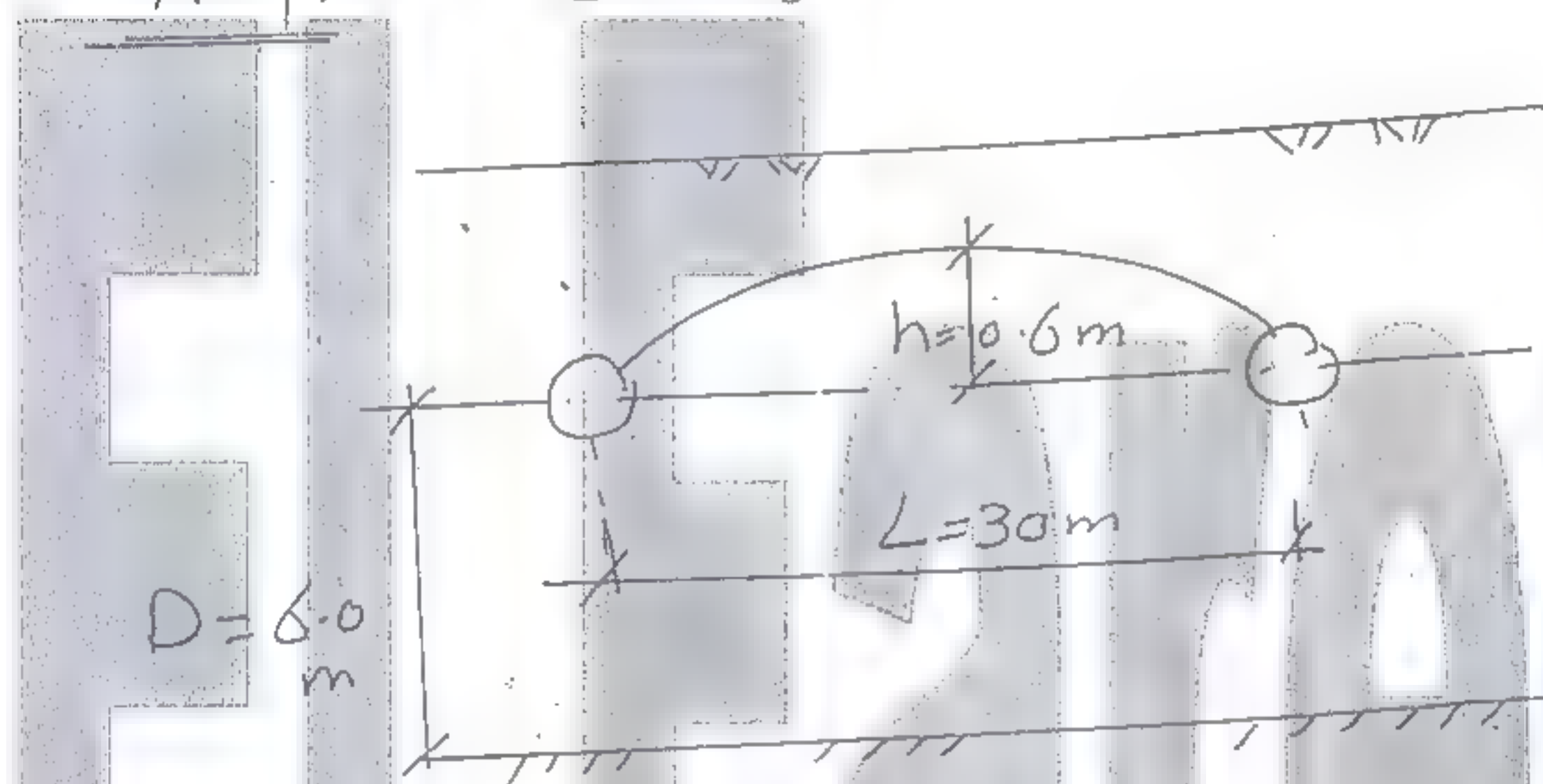
$D = 6.0 \text{ m}$

$h = 0.6 \text{ m}$

$d = 80 \text{ mm}$

Resistance factor = 0.1

Req.:  $h_e = ??$



Sol.:  $h_e = \frac{\alpha \cdot q}{k}$

by using Hooghout:

$$L^2 = \frac{8 \cdot k \cdot d \cdot h + 4kh^2}{q}$$

$D = 6.0$  ,  $L = 30$

(12)

$$D/L = \frac{6}{30} = 0.2 < 0.3$$

$$de = \frac{D}{1 + \frac{D}{L} (2.55 \ln \frac{D}{r_0} - 3.4)}$$

$$= \frac{6.0}{1 + \frac{6}{30} (2.55 \ln \frac{6}{0.04} - 3.4)}$$

$$= 2.087$$

$$\therefore (30)^2 = \frac{8 \times 0.1 \times 2.087 \times 0.6 + 4 \times 0.1 \times (0.6)^2}{q_r}$$

$$\therefore q_r = 1.27 \times 10^{-3} \text{ m/day}$$

$$\therefore h_e = \frac{0.1 \times 1.27 \times 10^{-3}}{0.1}$$

$$= 1.27 \times 10^{-3} \text{ m}$$



بسم الله الرحمن الرحيم

# Mid term 2006

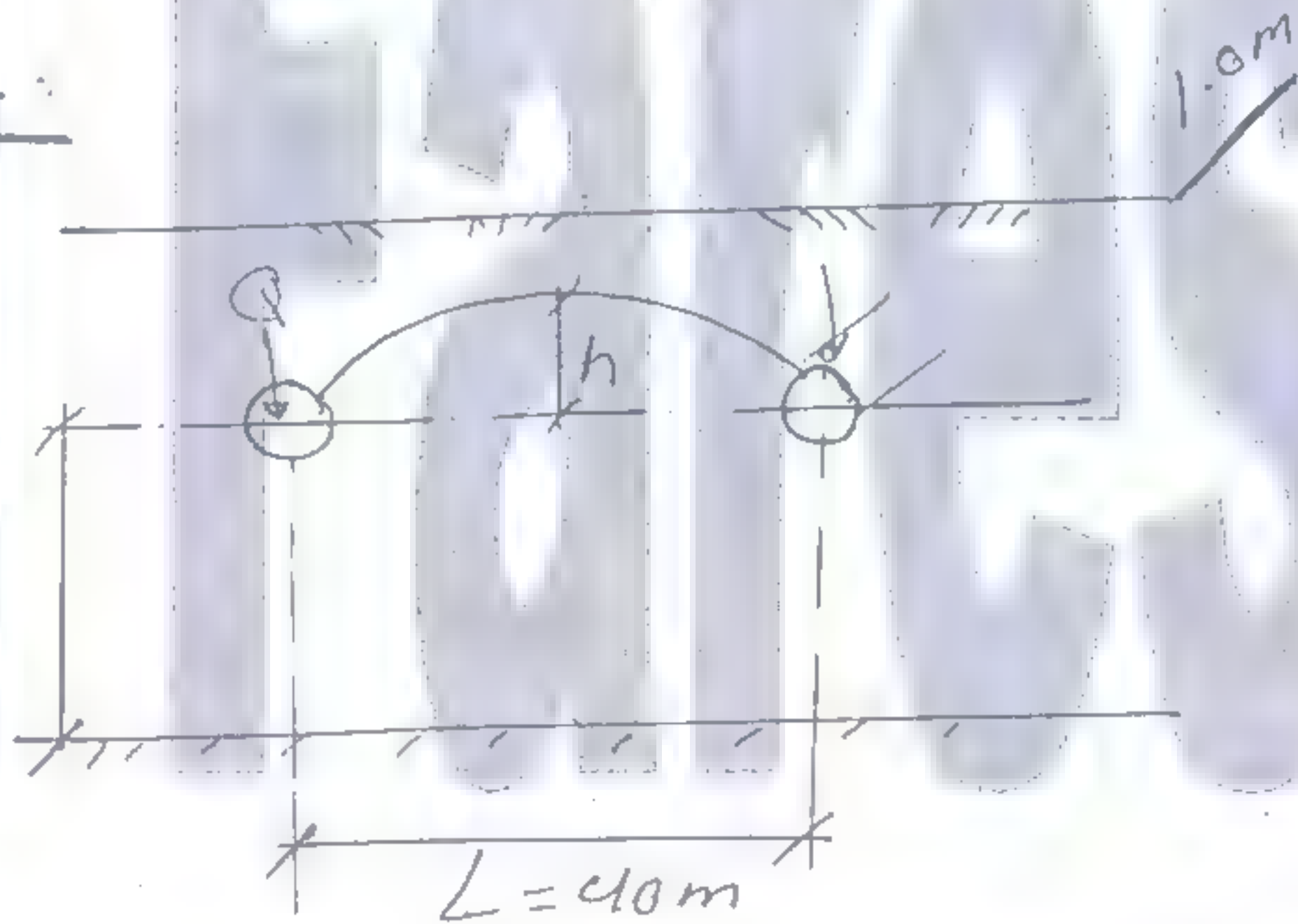
$$L = 40m, \quad d = 20cm$$

h (cm)	0.9	0.8	0.7	0.62	0.48	0.4	0.25
$Q \times 10^{-3}$	1.34	1.16	1.02	0.88	0.65	0.56	0.32

Req.: -  $K = ??$

-  $D = ??$

Sol.:



from Hogghout eqn

$$L^2 = \frac{8 k d e h + 4 k h^2}{q}$$





3

(x)

$$Q = q \times A \quad \text{معدل التدفق} \Rightarrow q = \frac{Q}{A}$$

	$h \text{ (m)}$	0.9	0.8	0.7	0.62	0.48	0.4	0.25
lit/s	$Q \times 10^{-3}$	1.34	1.16	1.02	0.88	0.65	0.56	0.32
$m^3/\text{day}$	$Q \times 10^{-3}$	115.7	100.2	88.1	76.0	56.2	48.4	27.6
( )	$q \times 10^{-3}$	2.90	2.50	2.2	1.9	1.4	1.2	0.7
(40x1) (معدل)	$q/h \times 10^{-3}$	3.2	3.1	3.1	3.0	2.9	3.0	2.8

(y)

$$\frac{\text{lit ( )}}{\text{sec.}} \times \frac{1}{1000} \frac{m^3}{\text{day}} \times 24 \times 60 \times 60$$

$$\frac{(Q) \times 24 \times 60 \times 60}{1000} \quad m^3/\text{day}$$

$$\frac{\text{lit}}{s} \rightarrow \frac{m^3}{s} \quad \text{للتحويل من lit/s الى } \frac{m^3}{s}$$

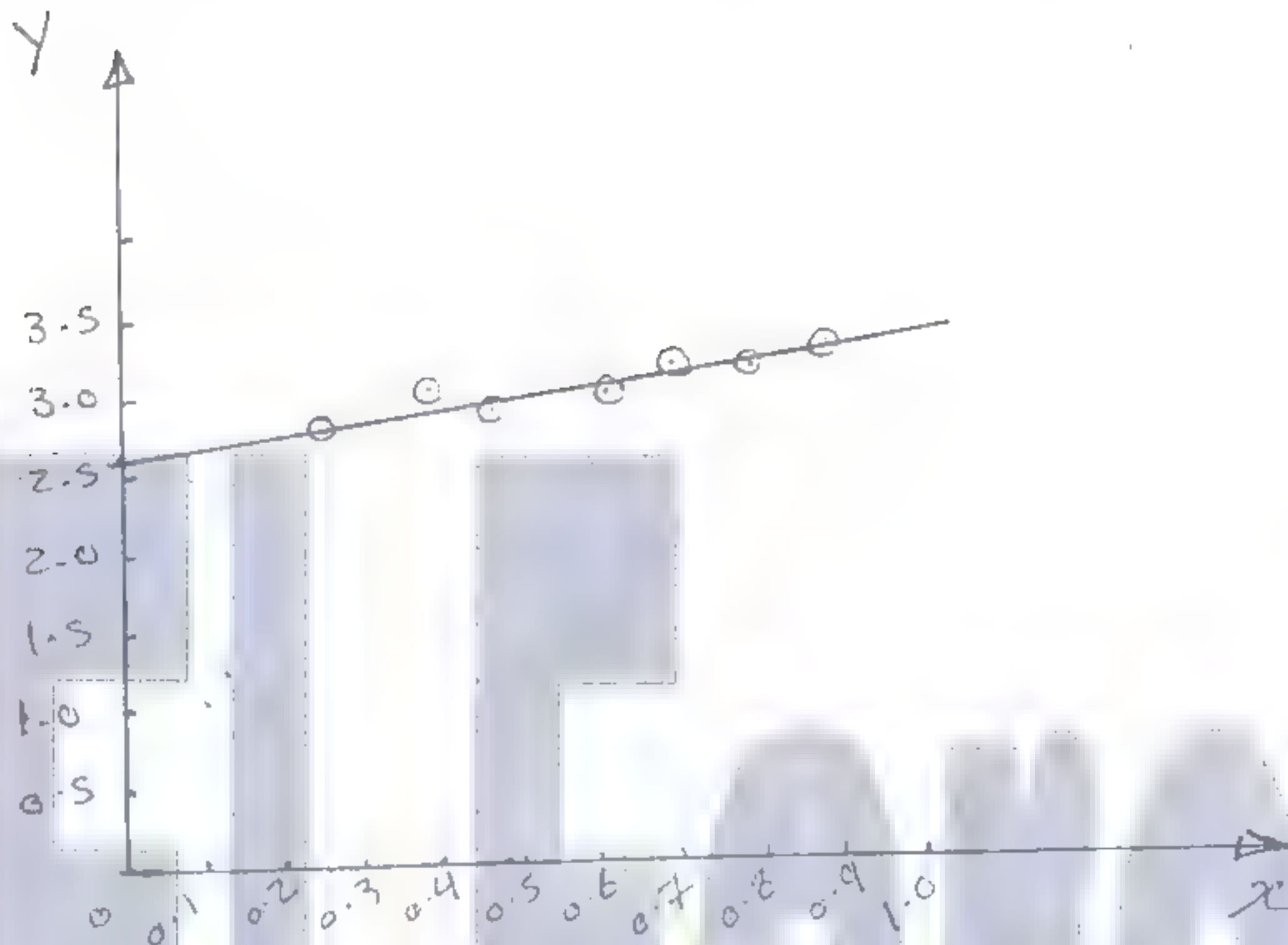
$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{4k}{L^2}$$

$$\frac{(3.2 - 2.8) \times 10^{-3}}{(0.9 - 0.25)} = \frac{4 \times k}{(40)^2}$$

(16)

4 =

$K = 0.246 \text{ m/day} \quad \#$



$$C = 2.7 \times 10^{-3}$$

$$C = \frac{8 \times k \times c \times d_e}{L^2}$$

$$2.7 \times 10^{-3} = \frac{8 \times 0.246 \times c \times d_e}{(40)^2}$$

$$d_e = 2.19$$

(17)



5

$$XX \quad \frac{D}{L} > 0.3 \quad de = \frac{L}{2.55 \left( \ln \frac{L}{r_0} - 1.15 \right)}$$

$$\frac{D}{L} < 0.3 \quad de = \frac{D}{1 + \frac{D}{L} (2.55 \ln \frac{D}{r_0} - 3.41)}$$

$$2.19 = \frac{D}{1 + \frac{D}{40} (2.55 \ln \frac{D}{0.1} - 3.41)}$$

D	R.H.S
1	0.94
3	2.15
3.1	2.19

$$D = 3.10 \text{ m} \quad \#$$

(18)

\* For the following data Calculate

$E_c$  ,  $E_a$  ,  $E_s$  ,  $E_d$

سأله خاطره  
الارى

Given :

- discharge for system = 135 Lit/sec.
- 100 Lit/sec. delivered to farm
- area of field = 16 hectar
- irrigation time = 8 hr
- depth of root zone = 1.8 m
- run losses in field = 432 m<sup>3</sup>
- depth of water varied from 1.8 to 1.2 m
- available moisture capacity of soil  
20 cm for every 1 m of soil depth
- irrigation start when moisture level  
reach 40% of available water



Sol.:

$$\therefore E_c = \frac{W_f}{W_r} \times 100$$

$$W_f = 100, \quad W_r = 135$$

$$E_c = \frac{100}{135} \times 100 = 74.1\% \#$$

$$\therefore E_a = \frac{W_s}{W_f}$$

كمية الماء المضافة  
التي هي من التربة

$$W_f = \frac{\text{الوزن}}{\text{الحجم}} = \frac{100}{1000} \times (8 \times 60 \times 60)$$

الحجم  
المعبر عنه لتر  
في متر

$$W_f = 2880 \text{ m}^3$$

$$W_s = W_f - \text{Losses}$$
$$= 2880 - 432 = 2448 \text{ m}^3$$

$$\therefore E_a = \frac{2448}{2880} \times 100$$

$$= 85\% \#$$

$$\therefore E_s = \frac{W_s}{W_n}$$

$$W_n = \text{available water} (1 - \text{moisture content})$$

$$\text{available water} = \text{عمق المياه المتاحة} = 20 \text{ cm} \times 1.8 = 36 \text{ cm}$$

$$W_n = 36 \times (1 - 0.4) = 21.6 \text{ cm}$$

Note

$$1 \text{ hectar} = 10000 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} W_n &= \text{كمية المياه المطلوبة} \\ &= 16 \times 10000 \times 0.216 \\ &= 3456 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_s &= \frac{2448}{3456} \times 100 \\ &= 70.8\% \end{aligned}$$



$$E_d = \left(1 - \frac{y}{d}\right) \times 100$$

$$\therefore d = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{1.8 + 1.2}{2} = 1.5 \text{ m}$$

$$y = \frac{|d - d_1| + |d - d_2|}{2}$$

$$= \frac{|1.5 - 1.8| + |1.5 - 1.2|}{2}$$

$$y = 0.30 \text{ m}$$

$$E_d = \left(1 - \frac{0.3}{1.5}\right) \times 100$$

$$= 80\% \quad \#$$

25  
19  
C.E.

# Irrigation & Drainage Engineering

2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

مراجعة

الري



## Irrigation

الري

Final(2000)

Question (1): (10% of Irrigation Mark)

Using Blaney and Criddle equation, it is required to calculate the maximum period between two successive watering for a certain crop during a certain period according to the following data:

- Effective root zone depth = 50 cm.
- Average air temperature = 25° C.
- % of day light hours during the month with respect to the Year = 8.38%
- The average value of crop coefficient = 0.70
- Apparent specific gravity for cultivated soil = 1.4
- F.C. and W.P (on weight basis) = 21%, and 12% respectively.
- Optimum moisture level = 80%

$$- d = 50 \text{ cm}$$

$$- T_a = 25^\circ \text{C}$$

$$- P = 8.38\% , K = 0.7$$

$$- A_s , \gamma_s = 1.4$$

$$- F.C. = 21\% , W = 12\%$$

$$- M.L. = 80\%$$

$$U = 4.57 (K \cdot P) (t + 17.8) / 100$$

$$U = 4.57 \times 0.7 \times 8.38 (25 + 17.8) / 100$$

$$= 11.5 \text{ cm/month}$$

$$U = \frac{11.5}{30} = 0.38 \text{ cm/day}$$

$$D = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \times d \times ML \times [F.C. - W]$$

$$D = \frac{1.4}{1} \times 50 \times 0.8 [0.21 - 0.12]$$

$$D = 5.04 \text{ cm.}$$

$$T = \frac{5.04}{0.38} = 13.3 \approx 13 \text{ day}$$

Final (2000)

Question (3): (55% of Irrigation Mark)

A conveyance system for an irrigation project is as shown in Figure (1). The main canal distributes its water for three branches A, B, and C of equal area served of 6000 feddan each. The crop pattern of the whole area is: 40% cotton, 50% sharaki prepared for cultivating maize, and 10% public benefits and the working period is 6 days. Irrigation is allowed only by lift through branch canals. It is required to:

1. Sketch a diagram for the three turns of water application within 36 days.
2. Calculate the field, branch and main canal water duties.
3. Calculate the discharge of branch canal (B) at section (IV).
4. Calculate the area served at section (I), (II), and (III) of the main canal allowing 50% as a compensation factor for previous turn.
5. Calculate the discharge of the main canal at section (I).
6. Draw to a reasonable scale clear sketches showing the different steps of constructing the synoptic diagram of the main canal and its branches.
7. Design the cross section of the main canal (Sec. I), to determine the water depth and bed width for non-silting non-scouring conditions [ $Z = 1$ ,  $n = 0.025$ , and  $S = 8 \text{ cm/km}$ ].
8. Draw to a reasonable scale a typical cross section of the main canal (Sec. I) showing all levels and dimensions [Bank width = 10 m, land level = 20.00, berm level = 21.00, and the free board = 1.25 m].

B.C A, B.C B, B.C C       $A_s = 6000 \text{ F}$

40% Cotton

50% sharaki

No of working day = 6

Lift irrigation



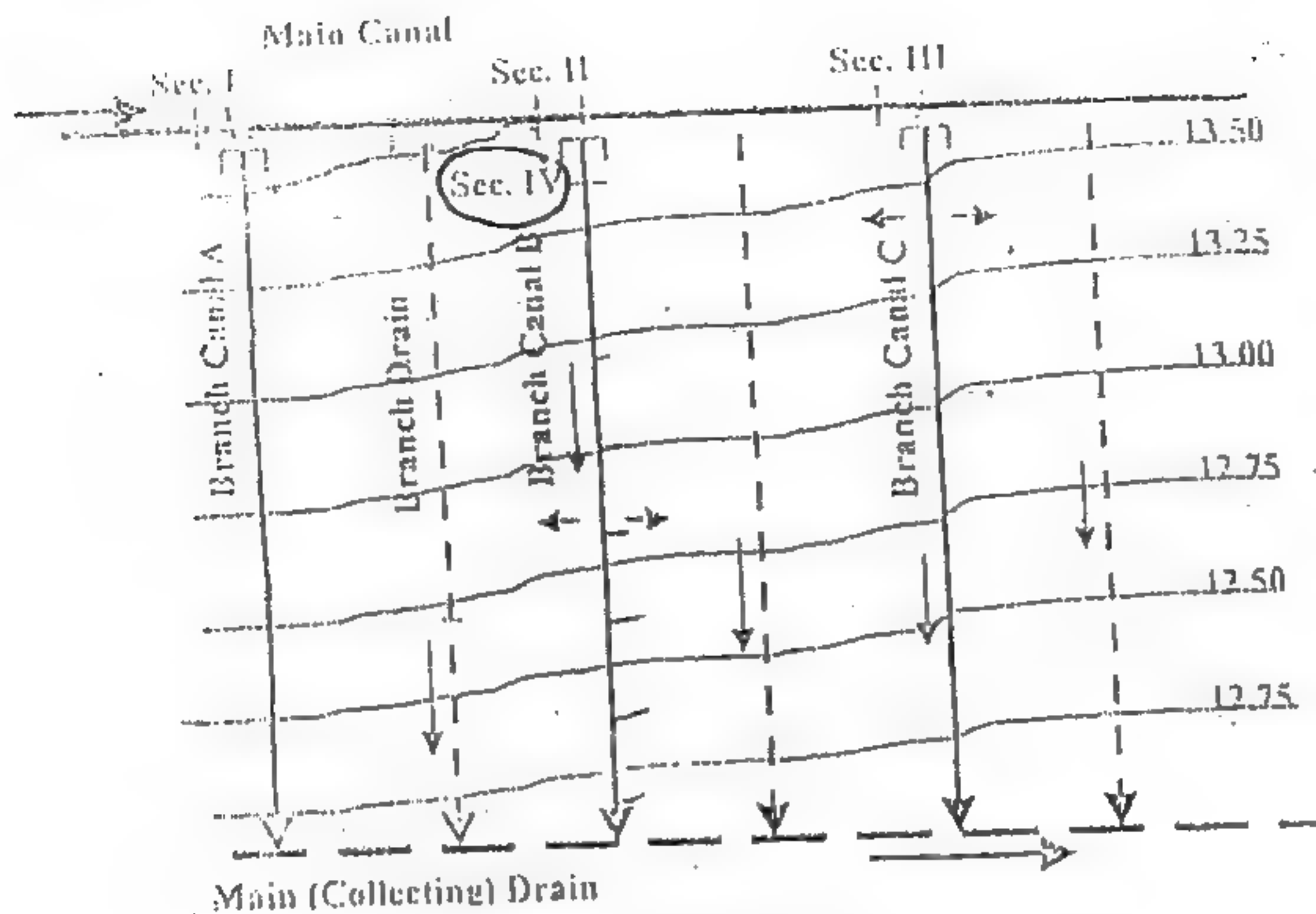


Figure (1)

Cotton

40%

350

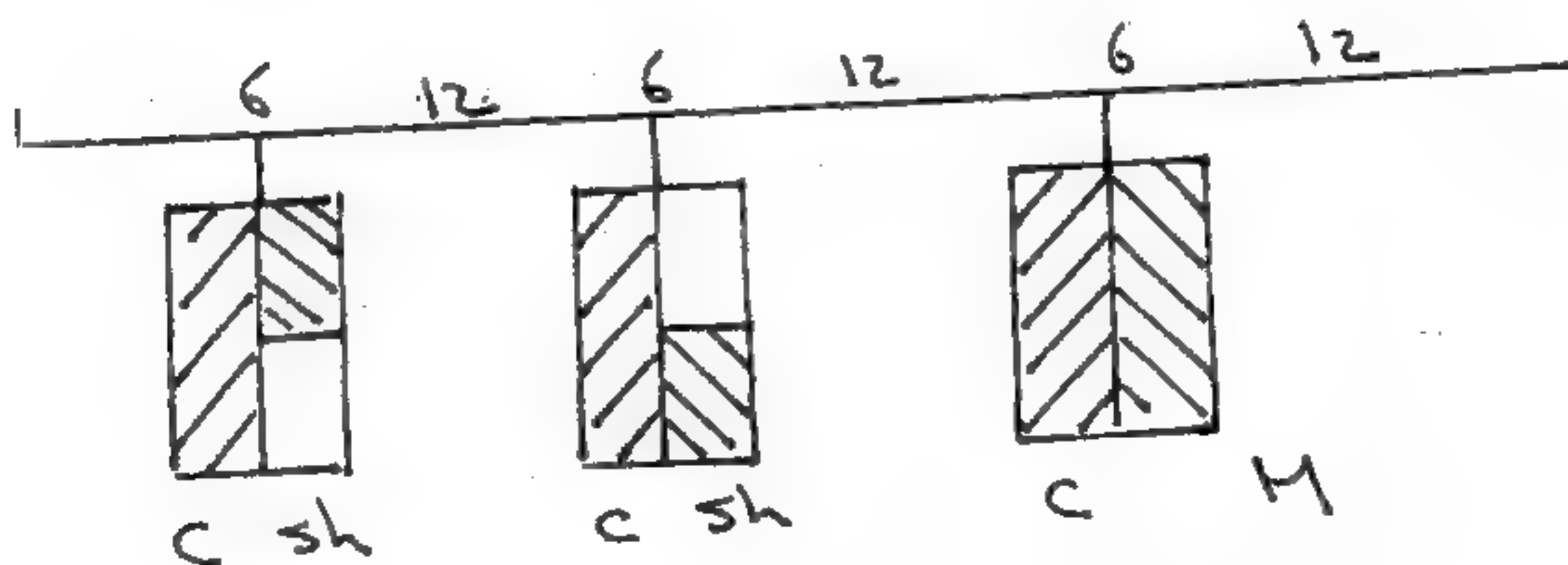
14-18

Sharaki

50%

760 m<sup>3</sup>/F/d

28-36



(3-turn rotation)

During sharaki

$$F.W.D = \frac{0.4 \times 350}{1 \times 6} + \frac{0.5 \times 760}{2 \times 6} = 55 \text{ m}^3/\text{F/d}$$

After sharaki

$$F.W.D = \frac{0.4 \times 350}{1 \times 6} + \frac{0.5 \times 350}{1 \times 6} = 52.5 \text{ m}^3/\text{F/d}$$

$$(B.C)_{w.D} = 1.1 \times F.W.D \\ = 1.1 \times 55 = 60.5 \text{ m}^3/\text{F/d}$$

$$(M.C)_{w.D} = \frac{1.2 \times F.W.D}{3} = \frac{1.2 \times 55}{3} = 22 \text{ m}^3/\text{F/d}$$

Far Branch Canal TB

$$Q_{IV} = \frac{A_s \times W.D}{24 \times 60 \times 60} = \frac{6000 \times 60.5}{24 \times 60 \times 60} = 4.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

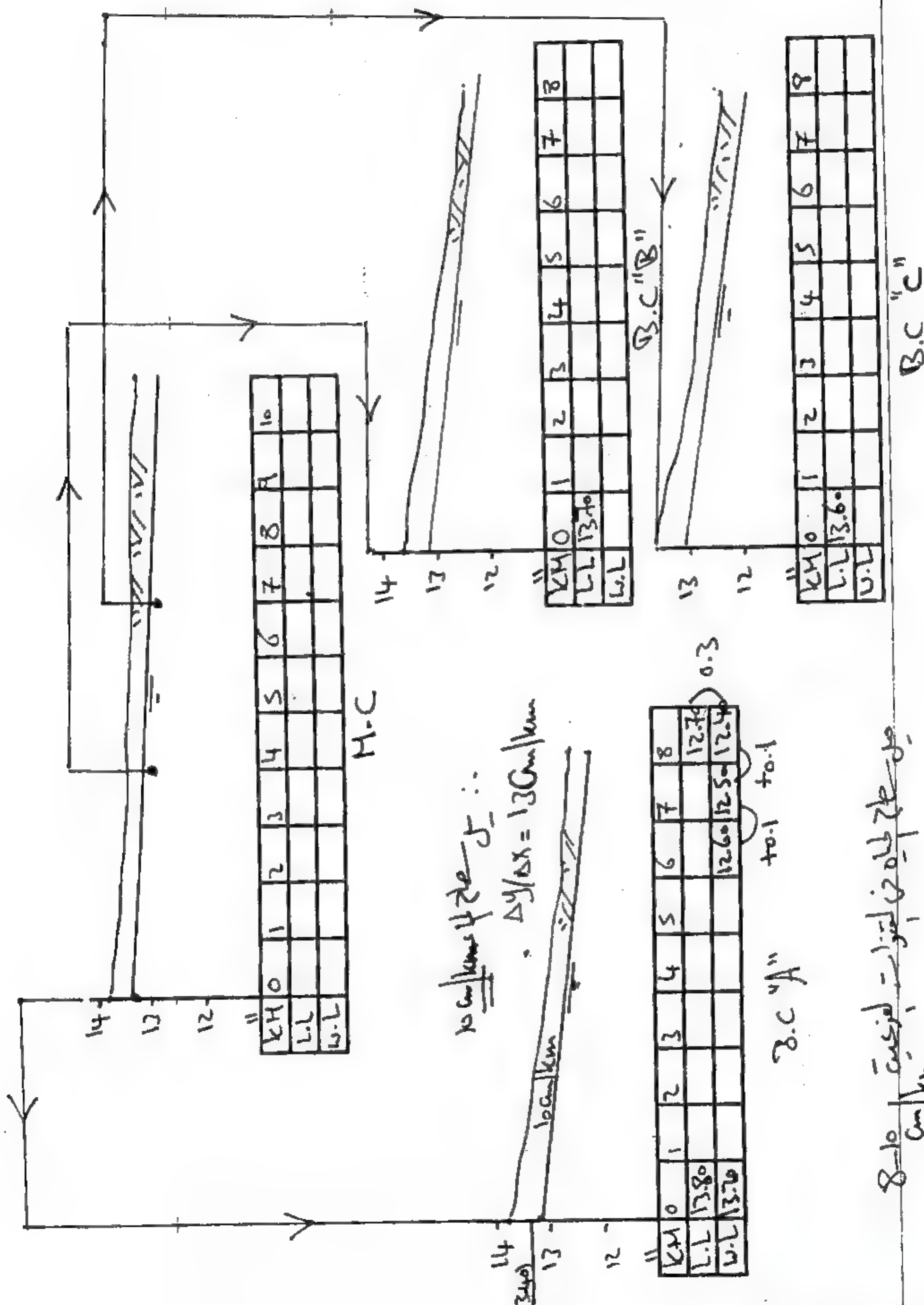


Sec	As			As + Compensation			Design $\sqrt{As}$
	Turn A	B	C	A+0.5C	B+0.5A	C+0.5B	
I	6000	6000	6000	9000	9000	9000	9000
II	—	6000	6000	3000	6000	9000	9000
III	—	—	6000	3000	—	6000	6000



(3 turn) نوع التوزيع

$$\Phi I = \frac{9000 * 22 * 3}{24 * 60 * 60} = 6.87 \text{ m}^3/\text{sec.}$$





Sec(I)

$$Q = 6.87 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$z = 1 \quad n = 0.025$$

$$B = 8 \text{ m/km}$$

Manning

$$Q = \frac{1}{n} \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} S^{1/2}$$

$$A = y(B + zy) = y(B + 1 \times y) = y(B + y)$$

$$P = B + 2y\sqrt{1+z^2} = B + 2.82y$$

$$6.87 = \frac{1}{0.025} \frac{[y(B+y)]^{5/3}}{[B+2.82y]^{2/3}} * (8 \times 10^{-5})^{0.5}$$

$$19.2 = \frac{[y(B+y)]^{5/3}}{[B+2.82y]^{2/3}} \rightarrow \textcircled{1}$$

Bucklyassume  $y > 1.62 \text{ m}$ 

$$y = 0.1 \sqrt{B} (S/2 + 4)$$

$$y = 0.1 \sqrt{B} (8/2 + 4)$$

$$y = 0.8 \sqrt{B}$$

$$y^2 = 0.64 B$$

$$B = 1.56 y^2 \rightarrow \textcircled{2}$$

From  $\textcircled{2}$  in  $\textcircled{1}$

$$19.2 = \frac{[y(1.56y^2 + y)]^{5/3}}{[1.56y^2 + 2.82y]^{2/3}}$$

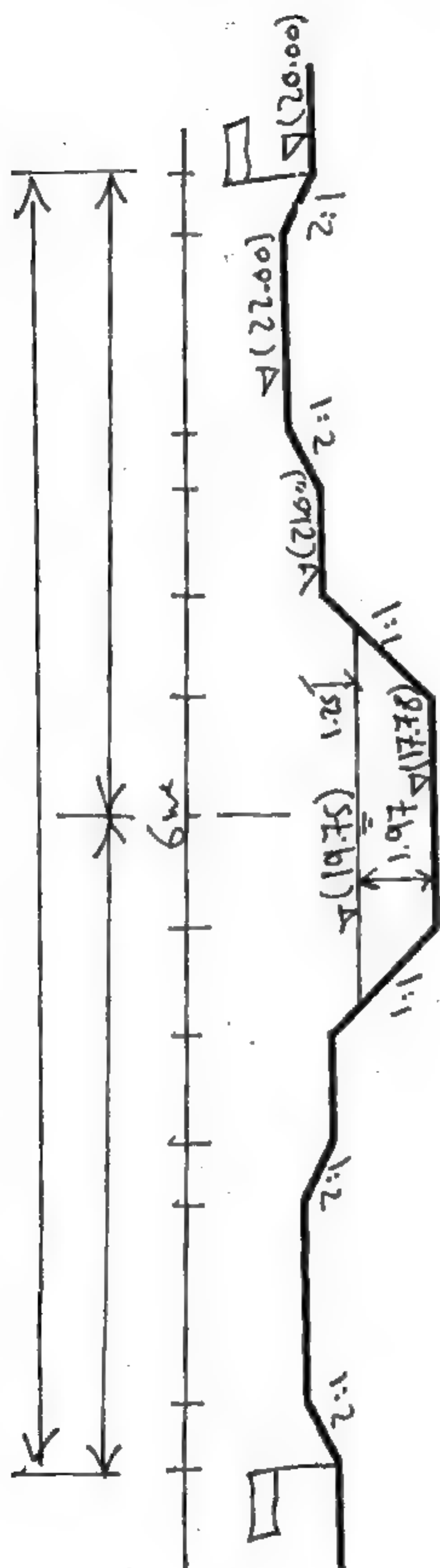
By trials

y	1.7	1.9	2.0
R.H.S	11.48	17.06	20.49

$$y \approx 1.97 \text{ m}$$

$$B = 6.05 \approx 6 \text{ m}$$





Sec (I)

القناة / سياتر / 18200

Final (1999)

(2) A main canal serves the area shown below. A two turn rotation system is used (7 days working period) to irrigate 40% of the area served with cotton crop and 55% of the area served is sharaki. Allow 20% as wash factor and 10% as conveyance losses. It is required to:

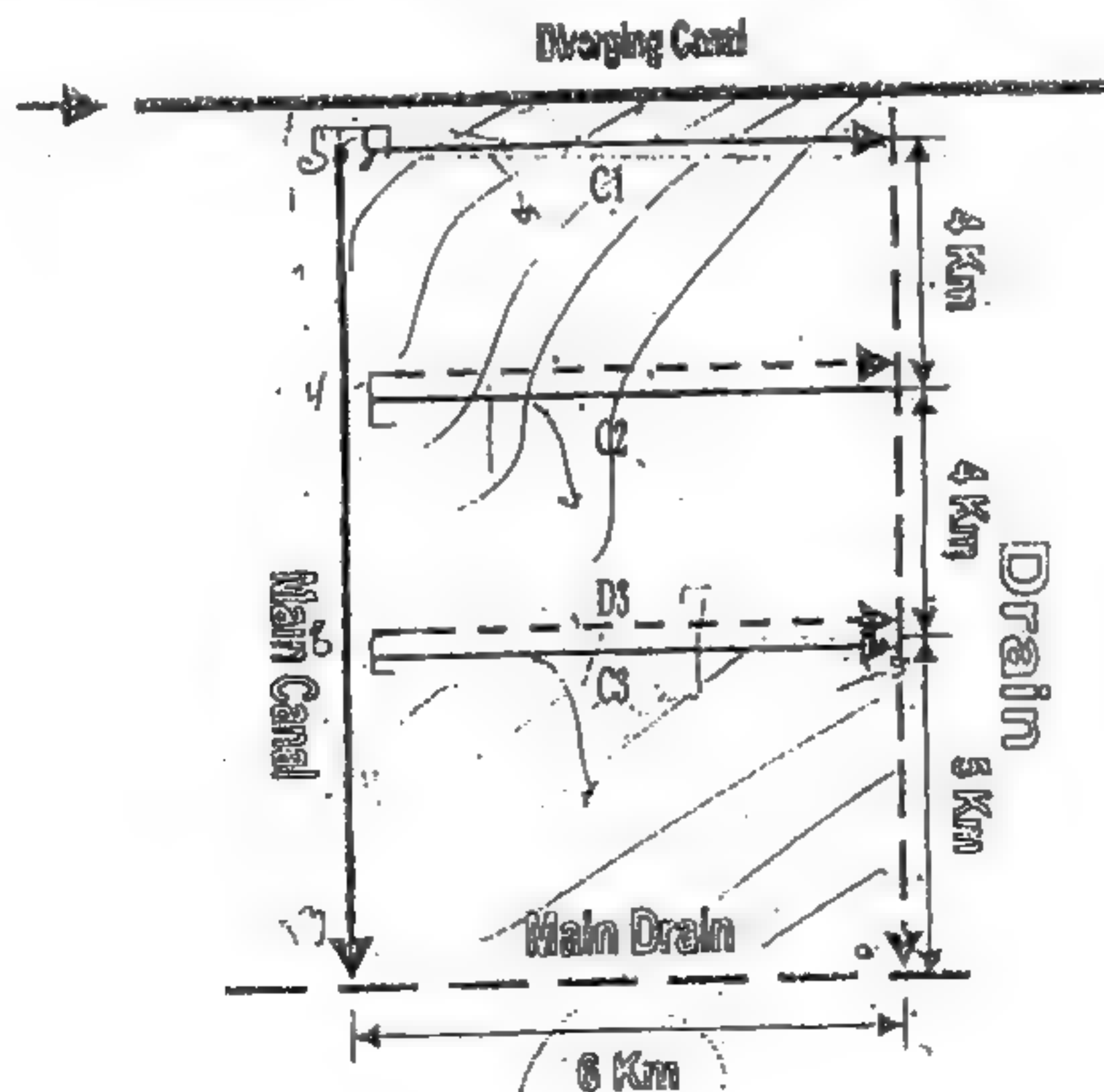
A. Calculate the field, distributary and main canal water duties.

B. Draw neat sketch for the synoptic diagram of canals.

Design the cross section of canal C3 and drain D3 to determine the water depth and bed slope. Mean velocity in the canal  $v = 0.50$  m/sec. while in the drain is  $v = 0.4$  m/sec, bed width  $b = 3.0$  m in the canal and  $b = 2.0$  m in the drain, side slope 1:1 in the canal and 3:2 in the drain, and Manning  $n = 0.025$  for both canal and drain.

C. Draw the typical combined cross section at the middle of both the canal C3 and the drain D3 showing all details and dimensions. Take all bank widths 8 m., external land slope 2:1 and land level (10.00). Check seepage.

D. Draw typical longitudinal section of canal C3.





(2-turn rotation)

Working days = 7

Wash Factor

20%10% conveyance losses

Cotton

40%

350

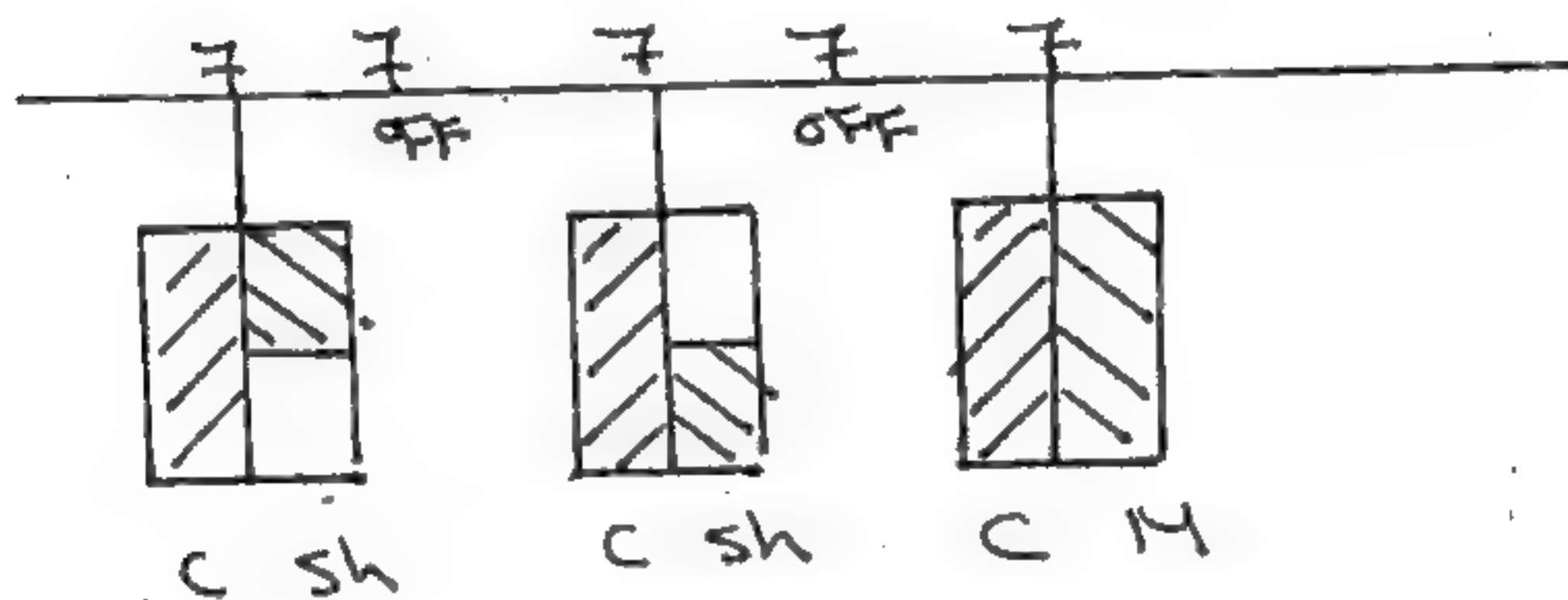
14-18

Sharaki

55%

760

28-36

During sharaki

20% Wash Factor

$$F.W.D. = \left( \frac{0.4 \times 350}{1 \times 7} + \frac{0.55 \times 760}{2 \times 7} \right) \times 1.2$$

$$= 59.8 \text{ m}^3/\text{F/d}$$

After sharaki

$$F.W.D. = \left( \frac{0.4 \times 350}{1 \times 7} + \frac{0.55 \times 350}{1 \times 7} \right) \times 1.2$$

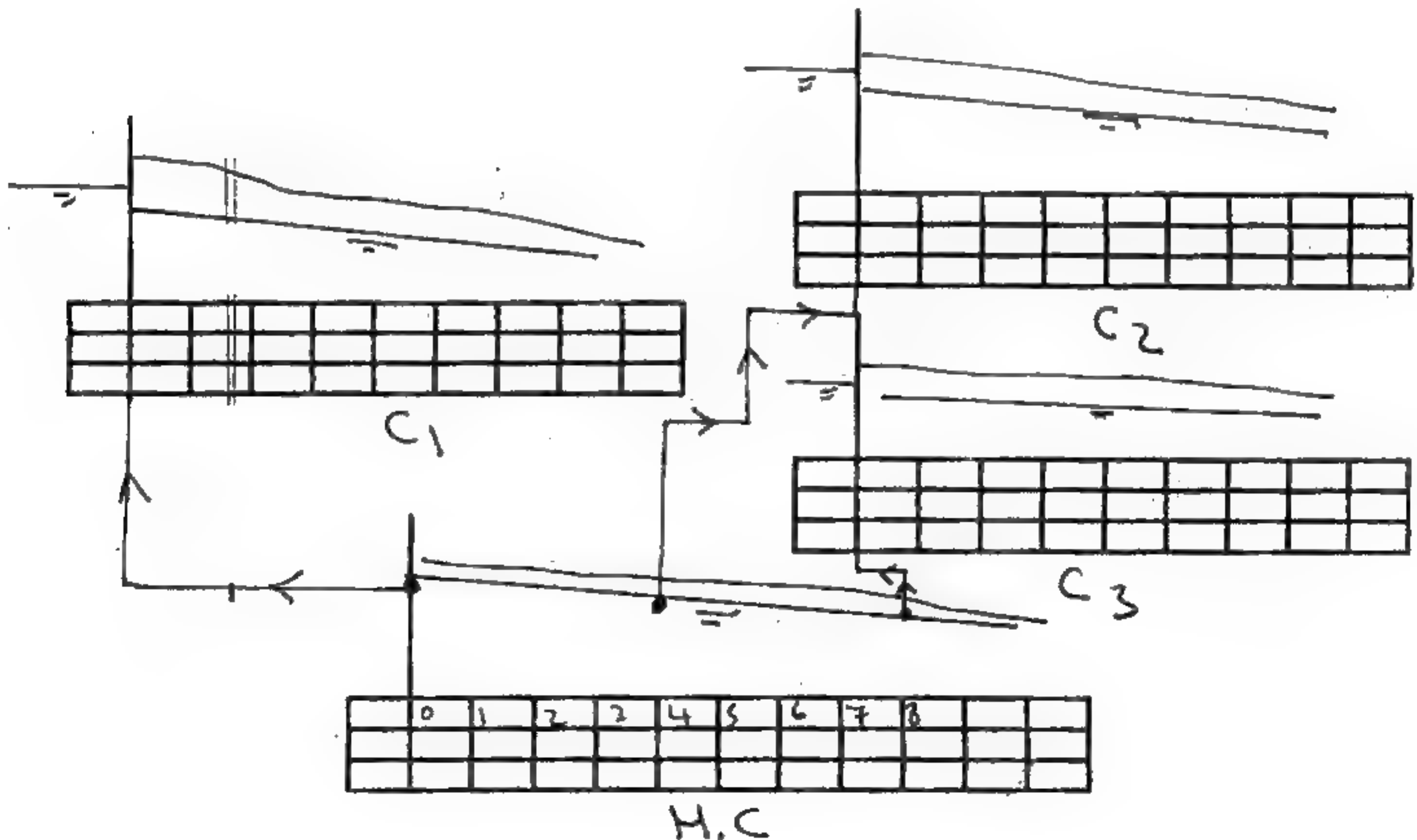
$$= 57 \text{ m}^3/\text{F/d}$$

$$(B.C)_{w.D} = 1.1 \times F.W.D$$

$$= 1.1 \times 59.8 = 65.8 \text{ m}^3/\text{F/d}$$

$$(M.C)_{w.D} = \frac{1.1 \times (B.C)_{w.D}}{(2) \text{ نوع النظام}}$$

$$= \frac{1.1 \times 65.8}{2} = 35.9 \text{ m}^3/\text{F/d}$$



Synoptic diagram for canals (sketch)  
only



For Canal

C<sub>3</sub>

$$V = 0.5 \text{ m/sec}$$

$$b = 3 \text{ m}$$

$$z = 1, \quad n = 0.025$$

Req:  $y, S$ Manning

$$V = \frac{1}{n} \frac{A^{2/3}}{P^{2/3}} S^{1/2}$$

$$A = y(b + zy) = y(3 + y)$$

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2} = 3 + 2.82y$$

$$0.5 = \frac{1}{0.025} \frac{[y(3 + y)]^{2/3}}{[3 + 2.82y]^{2/3}} S^{1/2} \rightarrow \textcircled{1}$$

مساحة مقطع

$$A_s = \frac{5000 \times 6000}{4200} = 7142.8 \text{ F}$$

$$Q = \frac{A_s \times W.D}{24 \times 60 \times 60}$$

$$Q = \frac{7142.8 * 65.8}{24 * 60 * 60} = 5.44 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = A \cdot v$$

$$5.44 = A * 0.5 \Rightarrow A = 10.88 \text{ m}^2$$

$$A = y(3+y)$$

$$10.88 = 3y + y^2$$

$$y^2 + 3y - 10.88 = 0$$

$$y = \frac{-3 \pm \sqrt{3^2 + 4 * 1 * 10.88}}{2 * 1}$$

$$\boxed{y = 2.12 \text{ m}} \rightarrow \textcircled{2}$$

From  $\textcircled{2}$  in  $\textcircled{1}$

$$0.5 = \frac{1}{0.025} \frac{[2.12(3+2.12)]^{2/3}}{[3+2.82 * 2.12]^{2/3}} S^{1/2}$$

$$\boxed{S = 1.21 * 10^{-4}}$$



For Drain  $D_3$

$$V = 0.4 \text{ m/s}$$

$$b = 2 \text{ m}$$

$$z = 1.5$$

$$n = 0.025$$

$$A_s = \frac{4000 \times 6000}{4200} = 5714.3 \text{ F}$$

$$D.W.D = F.W.D \times \text{drainage factor}$$

$$= 59.8 \times 0.4 = 23.9 \text{ m}^3/\text{Fld}$$

assume

$$Q = \frac{A_s \times W.D}{24 \times 60 \times 60} = \frac{5714.3 \times 23.9}{24 \times 60 \times 60} = 1.58 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = A \cdot V$$

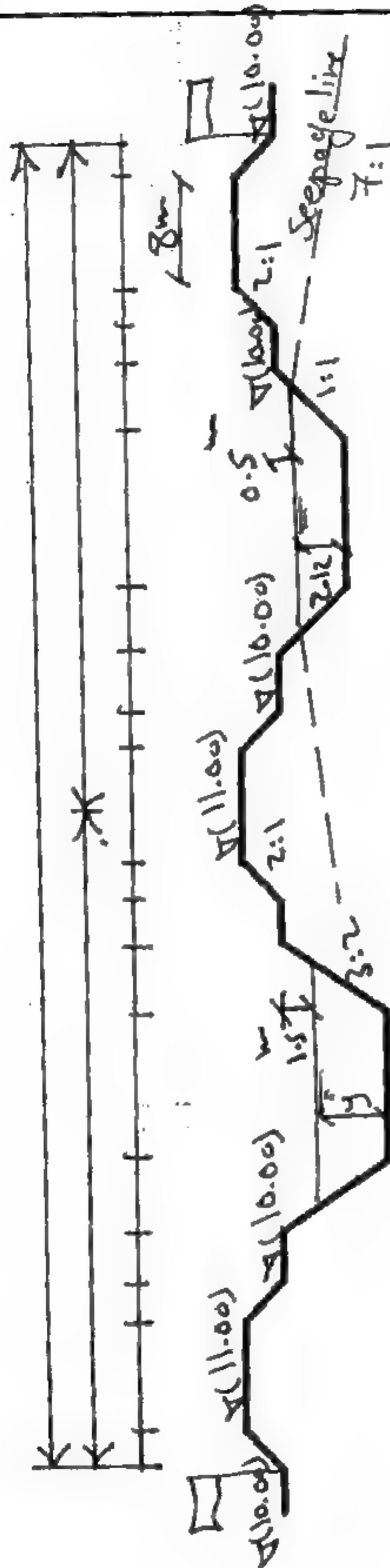
$$1.58 = A \times 0.4 \Rightarrow A = 3.95 \text{ m}^2$$

$$3.95 = y(b + zy)$$

$$= y(2 + 1.5y)$$

↓ get y

Manning → get is



Combined Cross Section  
of C<sub>3</sub> QD<sub>3</sub>



Final (2002)Question (1):

(10% of Irrigation Mark)

A. Write the relationship between each of the following two pairs: 1- Volume of moisture content and apparent specific gravity, 2- Soil moisture stress and osmotic pressure, 3- Frequency of irrigation and depth of water stored in the root zone, 4- Discharge passing through canal cross section and area served by the canal downstream the section, and 5- Practical and theoretical water duty.

B. Discuss briefly the overall irrigation process indicating when and why irrigate? What are the direct and indirect benefits of irrigation?

$$1) P_v = P_w * A_s$$

$$2) \text{Soil Moisture Stress} = \text{Soil Moisture Tension} + \text{osmotic pressure}$$

$$3) F = \frac{D}{C_u}$$

$$4) Q = \frac{A_s * W.D}{24 * 60 * 60} \text{ m}^3/\text{sec.}$$

$$5) \text{practical W.D} = \text{theoretical W.D} + \text{Losses.}$$

The overall irrigation process

1- توصيل مياه الري من مصادرها خلال شبكة الري حتى الاراضي الزراعية.

2- ري الاراضي الزراعية.

3- صرف الماء الزائد عن حاجة الارض الزراعية باستخدام المصارف المكشوفة والمغطاة.

4- ادارة خزان الماء الجوفى وذلك للمحافظة عليه من النضوب وزيادة نسبة الاملاح به.

متمم الري : تتم عملية الري عندما يقبل المحصول الماء داخل التربة  
وليس لنقطة الذبول .

Final (2002)

Question (2):

(10% of Irrigation Mark)

A)- In an Irrigation project, if 30% of the water delivered to the farm is lost as surface runoff and deep percolation and 20% of the water stored in the root zone is lost by evaporation. Calculate the irrigation application efficiency.

B)- Using Blaney and Criddle equation, it is required to calculate the maximum period between two successive watering for a certain crop during a certain period according to the following data:

- Effective root zone depth = 50 cm.
- Average air temperature = 25° C.
- % of day light hours during the month with respect to the Year = 8.38%.
- The average value of crop coefficient = 0.70
- Apparent specific gravity for cultivated soil = 1.4
- F.C. and W.P (on weight basis) = 21%, and 12% respectively.
- Optimum moisture level = 80%

(A) 30% losses as Runoff and percolation  
20% losses by evaporation.  
(of water stored in root zone)

Req: E.a

$$E_a = \frac{W_s}{W_f} \times 100$$

بغرض آ- كمية المياه التي تصل للارض (1 م 2)

$$Runoff = 0.3 \times 1 = 0.3$$

$$\text{المستقبل داخل منطقة الجذر} = 1 - 0.3 = 0.7 \text{ m}^3$$



حواطة البخر من منطقة الجذر

$$W_s = 0.7 - 0.2 \times 0.7 = 0.56 \text{ m}^3$$

$$E_a = \frac{0.56}{1} \times 100 = 56\%$$

B)

$$D = \frac{\delta_s}{\delta_w} \times d \times ML (F_c - W)$$

$$= \frac{1.4}{1} \times 50 \times 0.8 (0.21 - 0.12)$$

$$D = 5.04 \text{ cm}$$

$$U = 4.57 \text{ K.P.} (t + 17.8) / 100 \text{ cm/month}$$

$$= 4.57 \times 0.7 \times 8.38 (25 + 17.8) / 100$$

$$= 11.5 \text{ cm/month}$$

$$U = \frac{11.5}{30} = 0.38 \text{ cm/day}$$

$$F = \frac{5.04}{0.38} = 13 \text{ day}$$

Final (2003), (2006)

b. Calculate the number of days between two successive waterings (irrigation interval) for a certain crop according to the following data:

- average air temperature =  $25^{\circ}\text{C}$ .
- per cent of day light hours during the month with respect to the year = 8.4
- crop coefficient = 0.75
- effective root depth = 85 cm
- apparent specific gravity = 1.4
- field capacity (as an equivalent water depth) = 20 cm
- wilting point (weight basis) = 12%

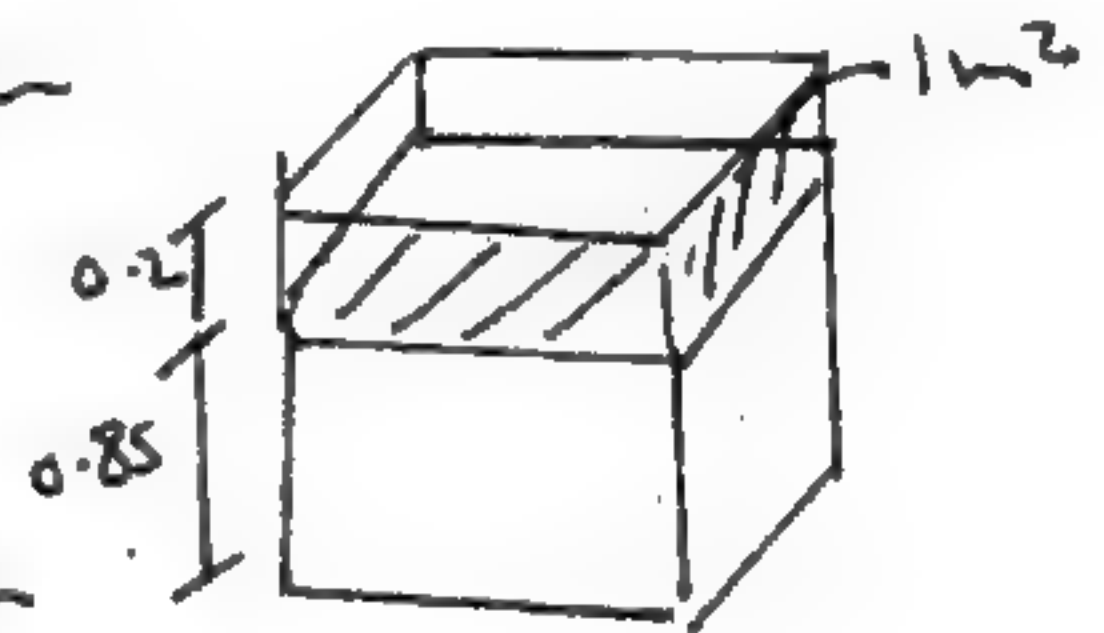
لغرض مساحة  $1 \text{ m}^2$

$$V_{\text{soil}} = 0.85 \times 1 \text{ m}^2 = 0.85 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{soil}} = 0.85 \times 1.4 = 1.19 \text{ ton}$$

$$V_{\text{water}} = 0.2 \times 1 = 0.2 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{water}} = 0.2 \times 1 = 0.2 \text{ ton}$$



$$\text{F.C (weight basis)} = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

$$= \frac{0.2}{1.19} \times 100 = 16.81\%$$

$$U = 4.57 \times 0.75 \times 8.4 (25 + 7.8) / 100$$

$$= 12.32 \text{ cm/month} = 0.41 \text{ cm/d}$$

assume

$$D = 1.4 \times 85 \times 0.8 (0.1681 - 0.12) = 4.58 \text{ cm}$$

$$F = \frac{D}{u} = \frac{4.58}{0.41} = 11.17 \approx 11 \text{ day}$$



## Final (2003)

Question (2): (15% of Irrigation Mark)

a- What is meant by "irrigation efficiency"? What are the main factors affecting it? State the different kinds of irrigation efficiencies.

b- In a 3 - turn rotation where 35 % of the area served is cultivated with cotton, which needs 420 cubic meters / acre / day, if application with 14 to 18 days frequency, and 65 % of the area served is cultivated with corn which needs 760 cubic meters / acre / day with 28 to 36 days frequency. Allowing a land wash factor of 20 %. If 30 % of the water delivered to the farm is lost as surface runoff and deep percolation, and 20 % of the water stored in the root zone is lost by evaporation, calculate the irrigation application efficiency.

Cotton

35%

420

14-18

Corn (3 turn)

65%

760

28-36 day

m<sup>3</sup>/F/d

- Wash Factor = 20%

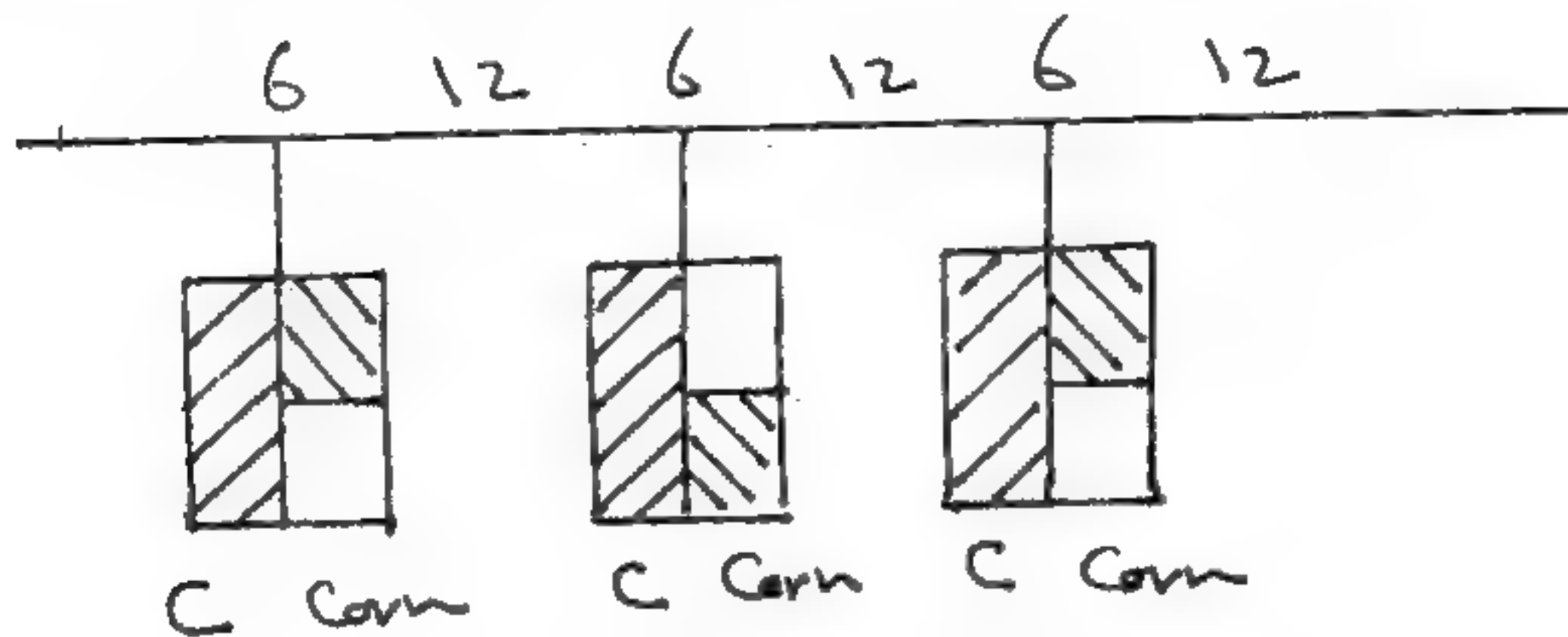
- 30% losses by Runoff

- 20% in root zone lost by E.

Req: Ea

$$Ea = \frac{WS}{WF} \times 100$$

$$WF = F \cdot W \cdot D \quad \#$$



No. of Working days = 6 day    20% Wash

$$F.W.D = \left( \frac{0.35 \times 420}{1 \times 6} + \frac{0.65 \times 760}{2 \times 6} \right) \times 1.2$$

$$F.W.D = W_F = 78.8 \text{ m}^3/\text{F/d}$$

طياه طينة خا حقل =  $78.8 (1 - 0.3) = 55.16 \text{ m}^3/\text{F/d}$   
بعد الجريه المطر

طياه طينة دافن التربة =  $55.16 (1 - 0.2) = 44.12 \text{ m}^3/\text{F/d}$   
بعد مواته البخر

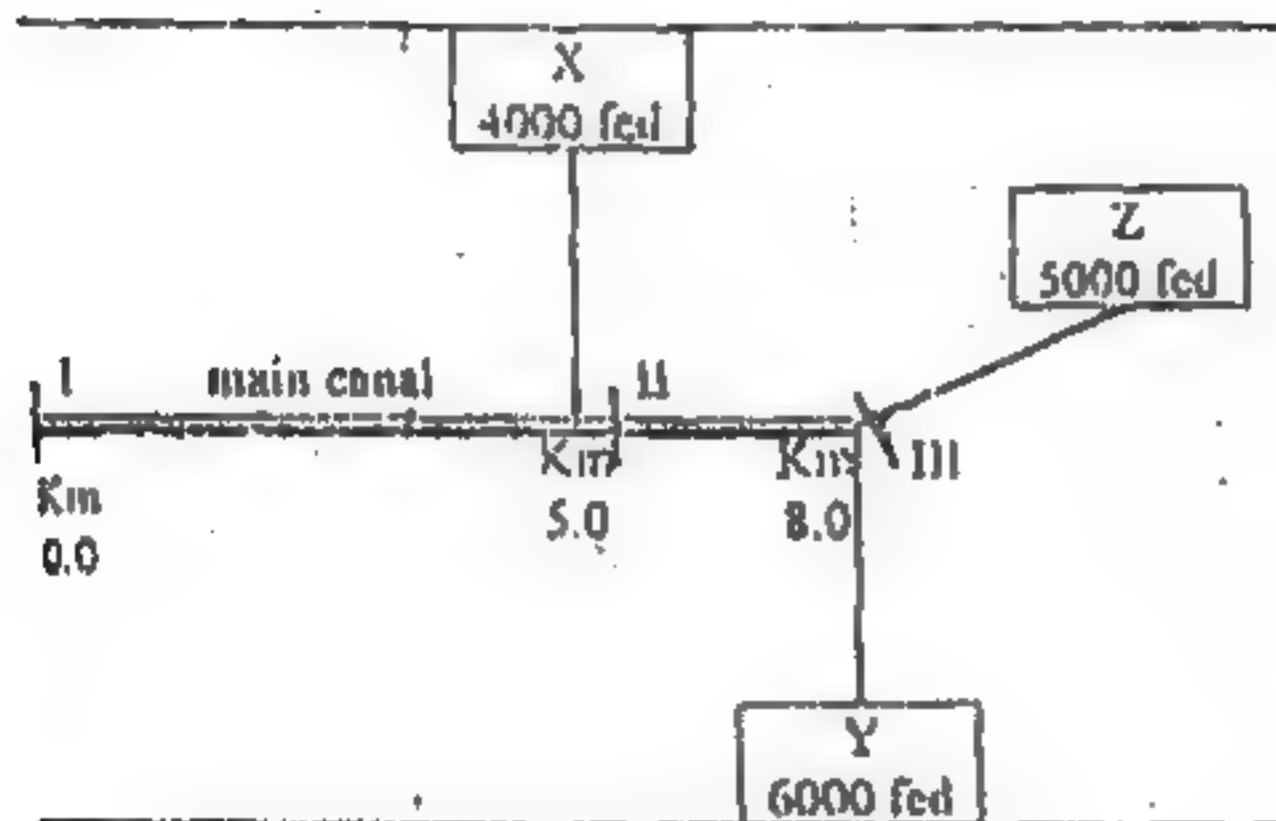
$$E_d = \frac{W_s}{W_F} = \frac{44.12}{78.8} = 0.56 \times 100$$

$$= 56 \%$$



# Final (2004)

- 11) A main canal distributes its water for three distributing canals X, Y and Z, as shown below. Each distributor is of length 3.0 km. The crop pattern is assumed to be 40% cotton, 50% sharaki and 10% public benefits. If the slope of the distributor canal is assumed to be 16 cm/km and 12 cm/km for the main canal, it is required to:
- calculate the field, distributor and main canal water duties?
  - calculate the discharge of the main canal at Sec. (I) and Sec. (II) before and after the maize cultivation?
  - using Buckley and Manning's Equations, design the cross-section of the distributor canal Z at Sec. (III) if  $(1/n) = 40$  and the side slope = 1 : 1?



$$L = 3 \text{ km}$$

$$S_{d.c} = 16 \text{ cm/km}$$

$$S_{M.C} = 12 \text{ cm/km}$$

Cotton

40%

350

14-18

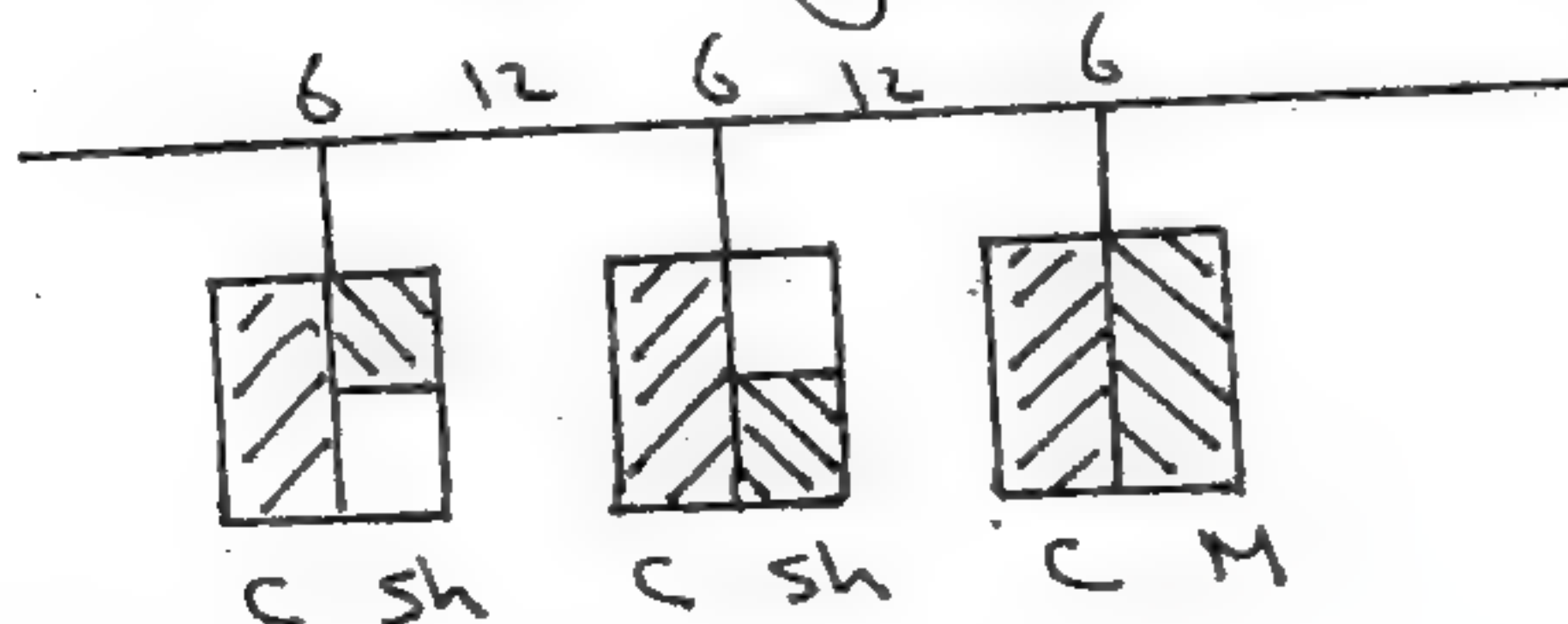
Sharaki

50%

760 m<sup>3</sup>/Fed

28-36 day

Type of rotation = 3-turn

No. of working days =  $18/3 = 6 \text{ day}$ 

During Sharaki

$$F.W.D = \frac{0.4 \times 350}{1 \times 6} + \frac{760 \times 0.5}{2 \times 6} = 55 \text{ m}^3/\text{F/d}$$

$$(d.c) w.D = 1.1 \times 55 = 60.5$$

$$(M.c) w.D = \frac{1.1 \times 60.5}{3} = 22 \text{ m}^3/\text{F/d}$$

After Sharaki

$$F.W.D = \frac{0.4 \times 350}{1 \times 6} + \frac{350 \times 0.5}{1 \times 6} = 52.5 \text{ m}^3/\text{F/d}$$

$$(d.c) w.D = 1.1 \times 52.5 = 57.8$$

$$(M.c) w.D = \frac{1.1 \times 57.8}{3} = 21 \text{ m}^3/\text{F/d}$$

Sec	As			As + Comp			Design As
	X	Y	Z	Y+0.5X	Z+0.5Y	X+0.5Z	
I	4000	6000	5000	8000	8000	6500	8000
II	—	6000	5000	6000	8000	2500	8000
III	—	—	5000	—	5000	2500	5000





During Sharaki  $Q = \frac{As * WD}{24 * 60 * 60}$

$$Q_I = \frac{8000 * 3 * 22}{24 * 60 * 60} = 6.1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{II} = \frac{8000 * 3 * 22}{24 * 60 * 60} = 6.1 \text{ m}^3/\text{s}$$

After Sharaki

$$Q_I = Q_{II} = \frac{8000 * 3 * 21}{24 * 60 * 60} = 5.8 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{III} = \frac{5000 * 60.5}{24 * 60 * 60} = 3.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1/n = 40$$

$$E = 1$$

Manning  $Q = \frac{1}{n} \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} S^{1/2}$

Buckley  $y = 0.1 \sqrt{b} (S^{1/2} + 4)$

↓ get y, b

check of velocity  $V = Q/A$  (0.3 → 0.9 m/s)

Final (2006)

B) A main canal distributes its water for three distribution canals of equal area served of 2000 feddans each. The crop pattern of the whole area is 40% Cotton, 50% Sharaki, and 10% public benefits. It is required to:

1. Calculate the water duty and the discharge of each of the main and the distribution canals if the working period is 6 days,
2. Design the cross section of the main canal for non-silting non-scouring conditions ( $z=1$ ,  $s=8 \text{ cm/Km}$ ),
3. Draw to a reasonable scale a typical cross section of the main canal,
4. Check the seepage line.

$A_s \text{ branch} = 2000 \text{ F}$        $\text{نوع الحقل}$   
 $A_s \text{ Main} = 6000 \text{ F}$        $(3 \times 2000)$        $\text{الماء الرئيسي}$   
 $A_s \text{ Large}$

Cotton

40%

350

14-18

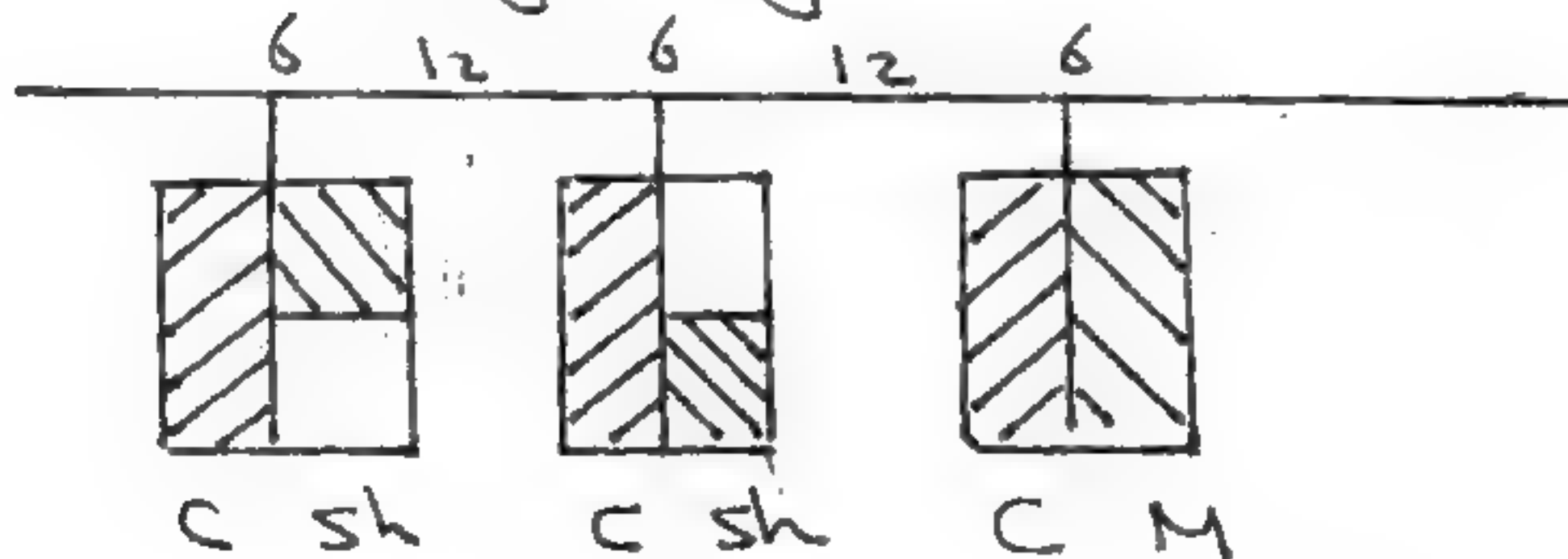
Sharaki

50%

760  $\text{m}^3/\text{F/d}$ 

28-36

No. of w. days = 6



$$F.W.D. = \frac{0.4 \times 350}{1 \times 6} + \frac{0.5 \times 760}{2 \times 6} = 55 \text{ m}^3/\text{F/d}$$

$$(B.C) W.D. = 1.1 \times 55 = 60.5 \text{ m}^3/\text{F/d}$$



$$(M.C)_{w.D} = \frac{1.1 \times 60.5}{3} = 22 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = \frac{A_s \cdot w.D}{24 \times 60 \times 60}$$

$$Q_{b.c} = \frac{2000 \times 60.5}{24 \times 60 \times 60} = 1.4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{M.C} = \frac{6000 \times 22}{24 \times 60 \times 60} = 1.53 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{M.C} = 1.53 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Z = 1$$

$$S = 8 \text{ cm/km}$$

$$1/n = 40$$

Use Manning & Buckley  
get  $b, y$

and check the velocity

# Irrigation & Drainage Engineering

2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

مراجعة  
الصرف



## Drainage

الصرف

Final (2001) و (2005)

1. Why is there usually a need for drainage in an irrigated area?

b. What is the error in computing the water table height above drain level at mid-distance between drains on the basis of horizontal assumptions, while the drains were pipes of 10 cm radius and 5 cm of gravel envelope is used around the pipe at 2 m below soil surface and distance 50 meter? The impermeable layer is at 20 m below drain center, the hydraulic conductivity is 0.5 m/day and the drainage rate is 10 mm/day.

1-a)

Benefits of Drainageالأغراض الأساسية لعملية الصرف

1. توفير بيئة مناسبة "ماء+هواء" في منطقة جذور النبات لتحقيق التهوية الجيدة لمنطقة الجذور.
2. التحكم في ملوحة التربة.
3. سهولة سير العمليات الزراعية المختلفة من حرث وري وحصاد.
4. منع انتشار الأوبئة والحشرات الناتجة عن وجود البرك والمستنقعات في حالة ارتفاع منسوب المياه الجوفية.
5. تحسين خواص التربة خاصة التربة الطينية.

1-b)

Pipe drains

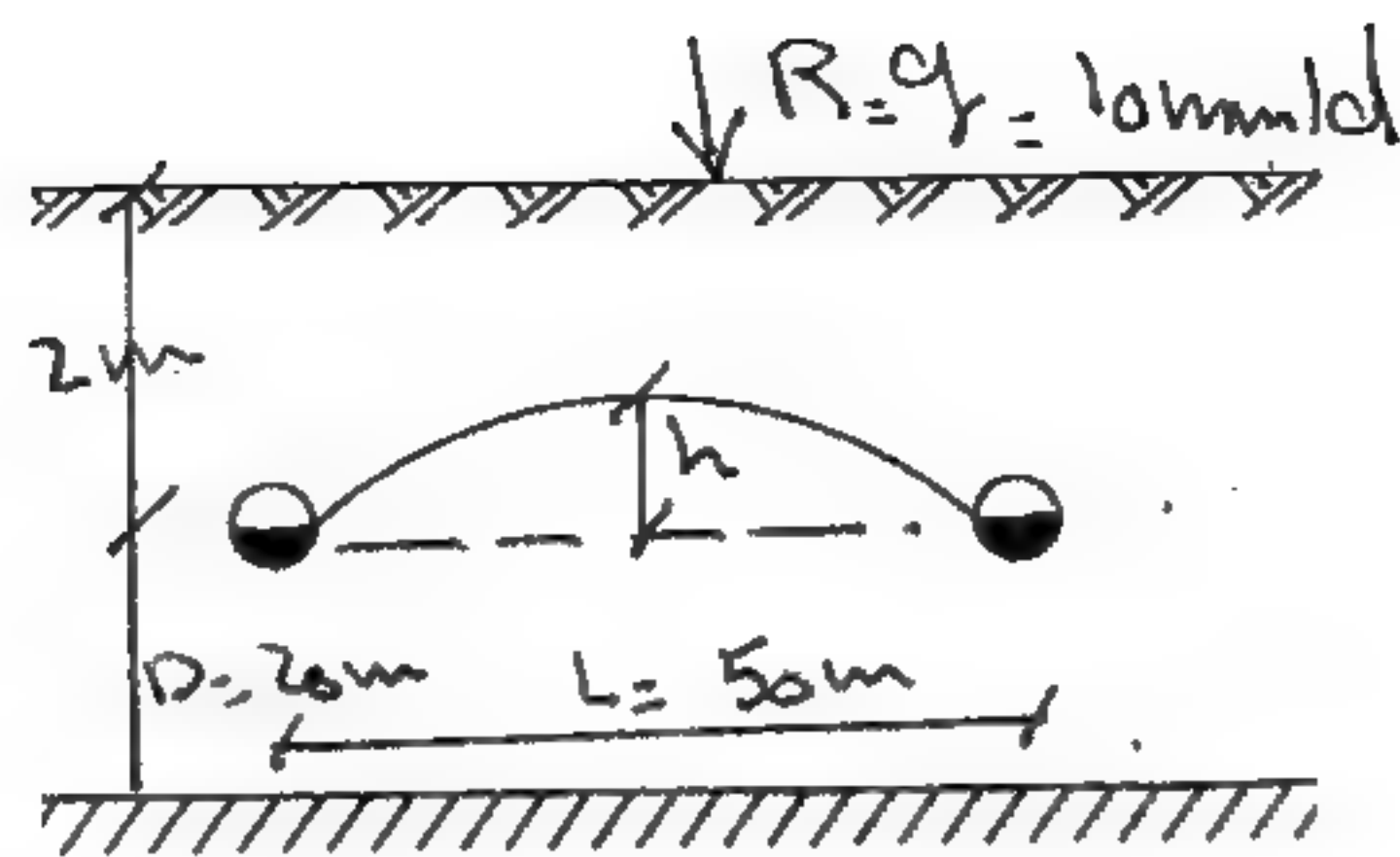
 $r = 10 \text{ cm} + 5 \text{ cm}$  gravel envelope

depth under surface = 2m

 $L = 50 \text{ m}$  $D = 20 \text{ cm}$  $k = 0.5 \text{ m/d}$  $q_r = 10 \text{ mm/d}$ 

II

①



Using Hooghoudt

$$L^2 = \frac{8kdeh + 4kh^2}{R}$$

$$D/L = \frac{20}{50} = 0.4 > 0.3$$

$$de = \frac{L}{2.55 \left[ \ln \frac{L}{r_0} - 1.15 \right]}$$

$$de = \frac{50}{2.55 \left[ \ln \frac{50}{0.15} - 1.15 \right]} = 4.2$$

$$(50)^2 = \frac{8 \times 0.5 \times 4.2 \times h + 4 \times 0.5 \times h^2}{10 \times 10^{-3}}$$

$$25 = 16.8h + 2h^2$$

$$2h^2 + 16.8h - 25 = 0$$



$$h = \frac{-16.8 \pm \sqrt{(16.8)^2 + 4 \times 2 \times 25}}{2 \times 2}$$

$$h = 1.3 \text{ m} \#$$

On the basis of horizontal  
flow assumptions:

$$L^2 = \frac{8kDh + 4kh^2}{R}$$

$$(50)^2 = \frac{8 \times 0.5 \times 20 \times h + 4 \times 0.5 \times h^2}{10 \times 10^{-3}}$$

$$25 = 80h + 2h^2$$

$$2h^2 + 80h - 25 = 0$$

$$h = \frac{-80 \pm \sqrt{80^2 + 4 \times 2 \times 25}}{2 \times 2}$$

$$h = 0.31 \text{ m} \#$$

$$\text{The error} = \frac{1.3 - 0.31}{1.3} \times 100 = 76.1\%$$

Final (2001)

b. Calculate the drain spacing required to maintain the water table level below 1.0 m depth in an area of irrigated sugar cane and also the drain discharge for the following situation:

Irrigation interval 15 days

Irrigation quantity 133 mm

Drainage quantity 25% of the irrigation.

Soil factors:

Soil depth 3.5 m (depth from ground level to impervious clay)

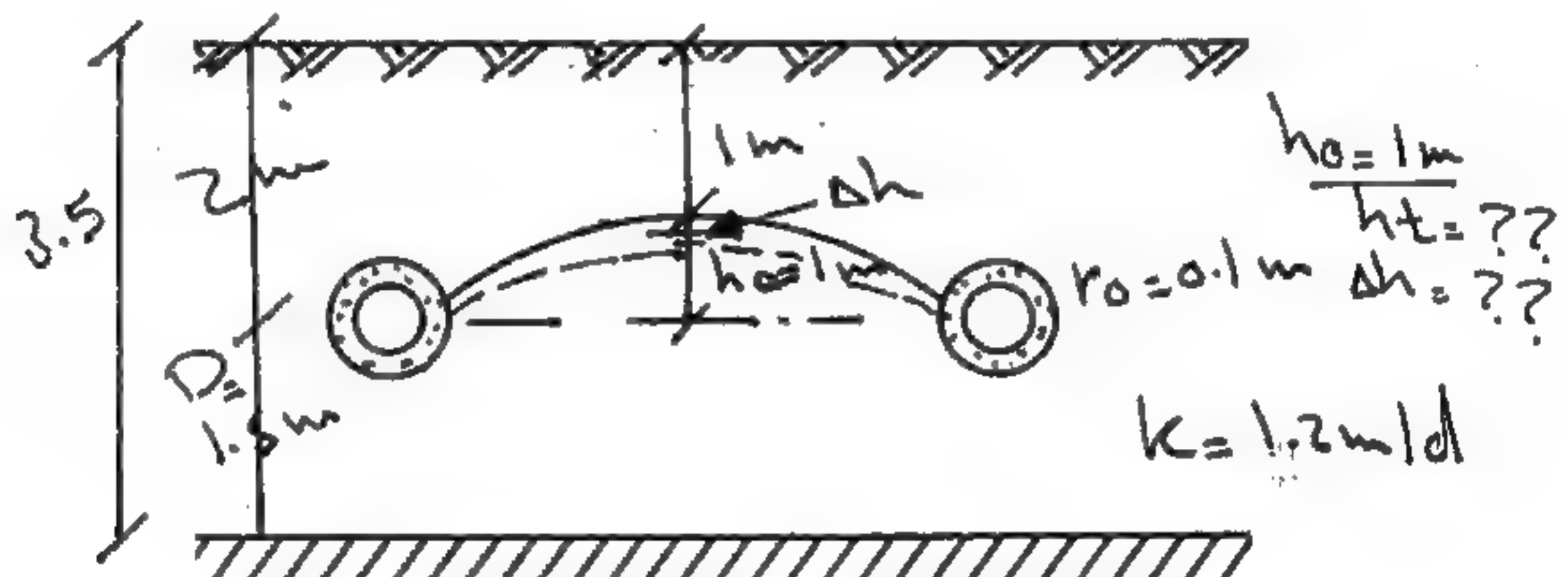
Soil hydraulic conductivity 1.2 m/day

Moisture content at

- 1) Saturation 52%
- 2) Field capacity 47%
- 3) Wilting point 35%.

Drain factors:

The radius of the drain pipe and filter is 0.1 m and the average depth of the field drain is 2.0 m.



$$R = \frac{133 \times 10^{-3}}{15} = 8.87 \times 10^{-3} \text{ m/d}$$

$$q_r = 25\% R = 0.25 \times 8.87 \times 10^{-3} = 2.217 \times 10^{-3} \text{ m/d}$$

$$q_r = \Delta h \times Fa$$

$$Fa = \text{Saturation} - F.C$$

(4) [4]

$$Fa = 52\% - 47\% = 5\%$$

$$2.217 \times 10^{-3} \text{ m/d} = \Delta h \times 0.05$$

$$\Delta h = 0.04434 \text{ m/d}$$

Total  $(\Delta h)$  الاختصار المطلوب في هبوط مياه

$$= 0.04434 \times 15 \text{ day} = 0.665 \text{ m}$$

$$h_t = 1 - 0.665 = 0.335$$

Using Glover-Dumm

$$L = \pi \left[ \frac{t \cdot d_e \cdot k}{Fa} \right]^{1/2} \cdot \left[ \ln \left( 1.16 \frac{h_0}{h_t} \right) \right]^{-1/2}$$

$$L = \pi \left[ \frac{15 \cdot d_e \cdot 1.2}{0.05} \right]^{1/2} \left[ \ln \left( 1.16 \frac{1}{0.335} \right) \right]^{-1/2}$$

$$L = 53.48 \sqrt{d_e}$$

For  $D/L \leq 0.3$

$$d_e = \frac{D}{1 + \frac{D}{L} [2.55 \ln \frac{D}{r_0} - 3.4]}$$

$$d_e = \frac{1.5}{1 + \frac{5.258}{L}}$$

(5) [5]



$L_{ass}$	$D/L$	$d_e$	$L$
30	0.05	1.276	60.41
60.41		1.379	62.82
62.82		1.381	62.91
62.91		1.384	62.93

$$L = 62.9 \text{ m}$$

Final (2001)

b. A drain pipe 10 cm in diameter was installed with 5.0 cm gravel envelope around the pipe. The porosity of the gravel is 30%. The drain spacing was 50 m and drainage coefficient is 3 mm/day. If the hydraulic conductivity of the soil is 0.3 m/day, what will be the hydraulic gradient at entry of flow to the drain?

$$r = 5 \text{ cm}$$

$$r_o = 5 + 5 = 10 \text{ cm}$$

$$\text{Porosity of Gravel} = 30\% \quad \text{Filter}$$

$$L = 50 \text{ m}$$

$$q_v = 3 \text{ mm/d}$$

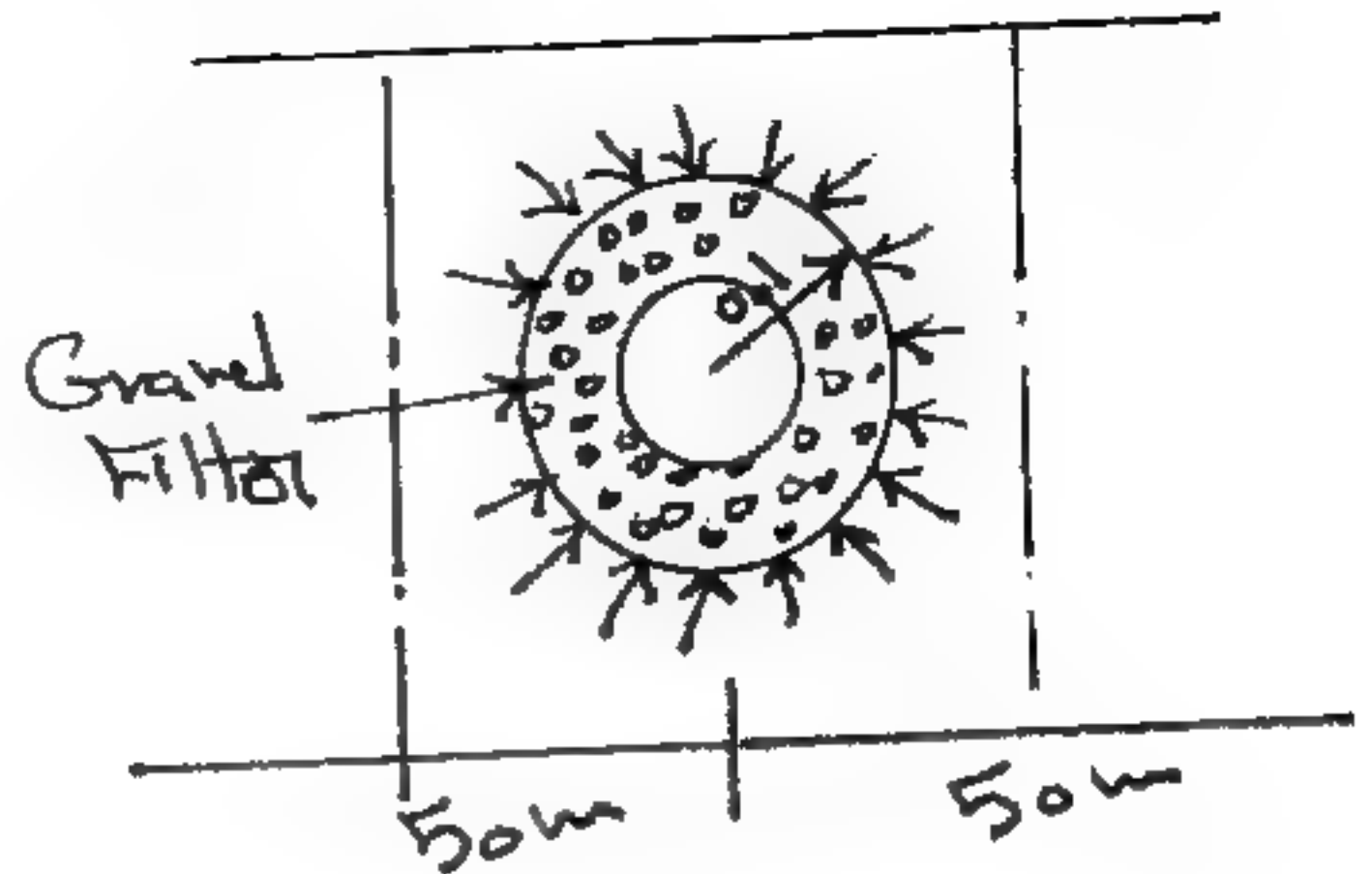
$$k = 0.3 \text{ m/d}$$

Req:  $i$  (Hydraulic gradient)

$$Q = q * A \quad \leftarrow \begin{array}{l} \phi L \\ \phi \text{ to } \phi \end{array}$$

$$Q = 3 * 10^{-3} * (50 * 1)$$

$$Q = 0.15 \text{ m}^3 / \text{d}$$



$$Q = k \cdot A \cdot i \quad (\text{Darcy Law})$$

$\phi L$   $\rightarrow$   $i = \frac{h}{L}$

$$0.15 = 0.3 * (2 * \pi * 0.1 * 1 \text{ m}) * i * 0.3$$

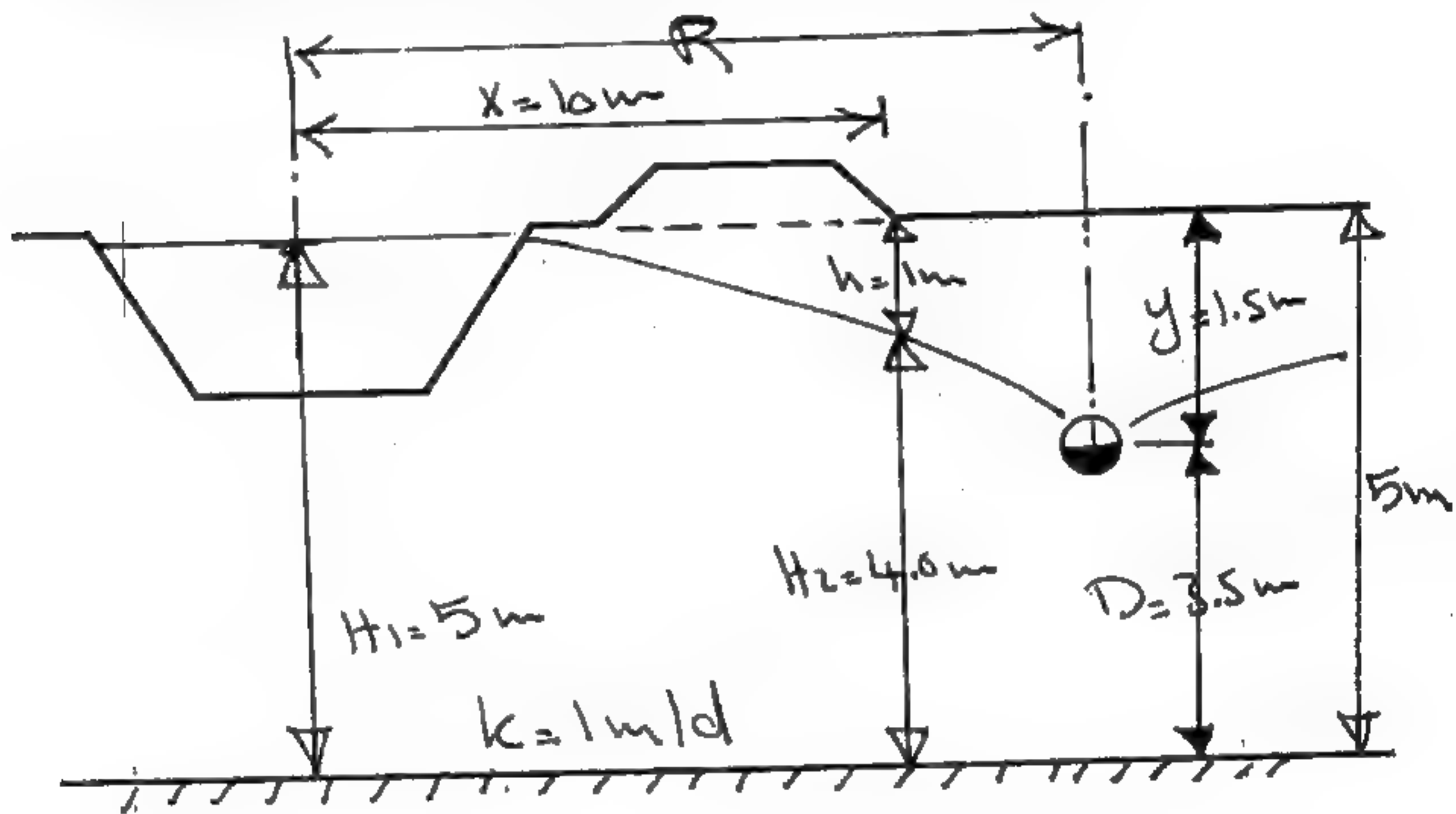
Porosity of Gravel

$$i = 2.65$$

Final (2002)

2- The water level in a canal is the same as the soil surface and the distance from the canal center to the edge of the agricultural land is 10 m. What is the distance from the canal center to a covered interceptor drain that lowers the water table at the edge to 1.0 m below soil surface if the depth of the impermeable layer is 5 m and the depth of the drain is 1.5 m. The soil hydraulic conductivity is 1 m/day.

If the length of this covered drain is 1000 m, and its slope is 4 cm/100m, calculate the length that can be used of each size of smooth pipes when the commercially available diameters are 15, 20, 25, 30, ..... cm.



$$R = \frac{x (H_1^2 - D^2)}{(H_1^2 - H_2^2)}$$

$$R = \frac{10 (5^2 - 3.5^2)}{(5^2 - 4^2)} = 14.2\text{ m}$$



$$L = 1000 \text{ m}$$

$$S = 4 \text{ cm/100 m}$$

Smooth Pipe

$$D = 150, 200, 250, 300 \text{ mm}$$

interceptor drain (Non uniform)

Wesseling eqn

$$q \cdot R \cdot L = F \cdot S (89 d^{2.714} \cdot 5^{-0.572})$$

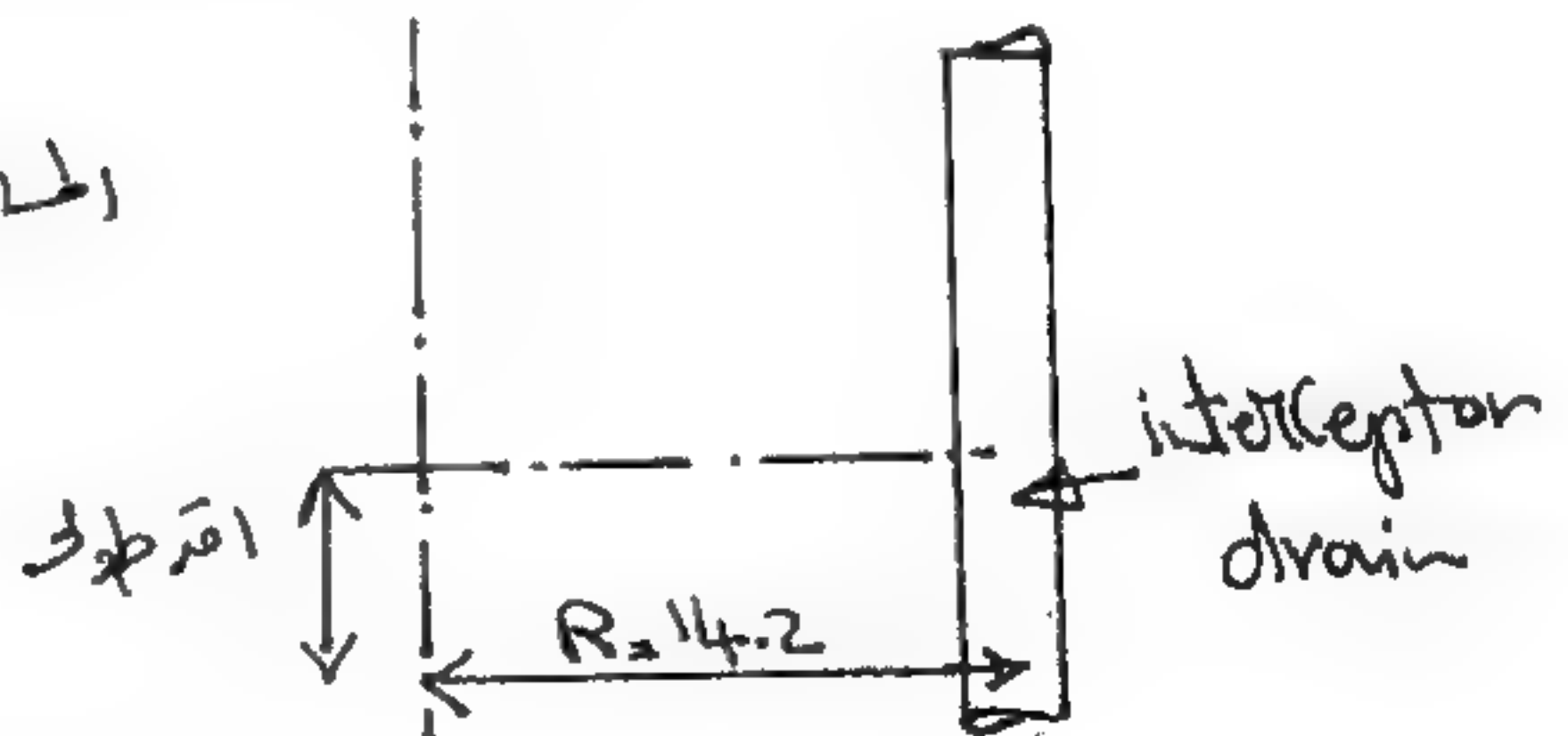
$$Q = \frac{K(H_1^2 - D^2)}{2R}$$

$$Q = \frac{1(5^2 - 3.5^2)}{2 \times 14.2} = 0.45 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$q = \frac{Q}{A} \leftarrow \text{معدل التدفق لكل وحدة مساحة}$$

$$q = \frac{0.45}{14.2 \times 1}$$

$$q = 0.03 \text{ m/d}$$

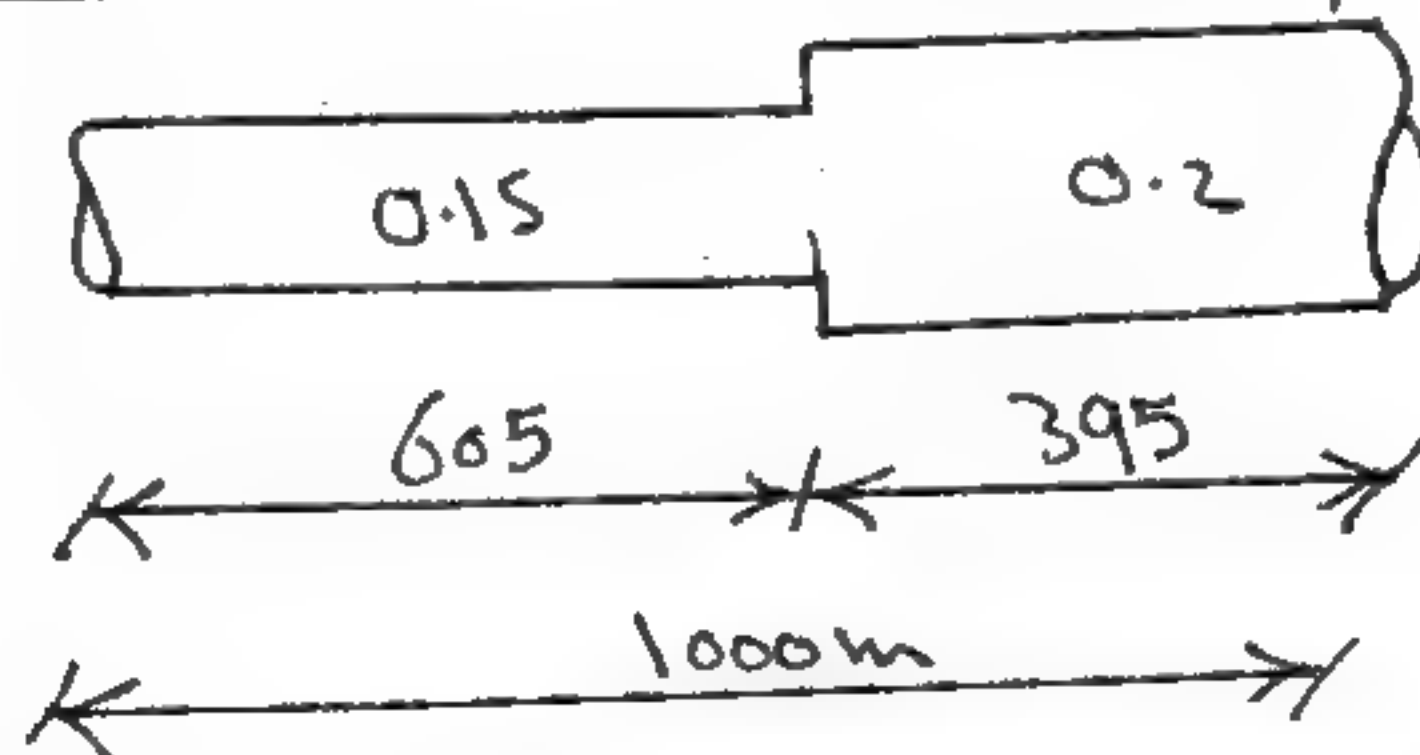


$$\frac{0.03 * 14.2 * (L)}{24 * 60 * 60} = F.S (89 d^{2.714} * (\frac{4}{10000})^{0.572})$$

dimensionless ← Slope  $\frac{m}{m}$   $\frac{cm}{cm}$   $\frac{m}{m}$

$$L = F.S * d^{2.714} * 205528.7$$

d	0.15	0.2	0.25	0.3
F.S	0.6	0.75	0.75	0.75
L	716.03	1954.02	/	/
0.85 L	608.6	1660.9	/	/
L <sub>approx</sub>	605	1660	/	/
Each L	605	1055	/	/
L <sub>total</sub>	1000m			



# جدول المساحة (1000 م) يتم عملها من القطرين (0.2, 0.15) فقط  
ولاداعي للاستخدام فقط، أخرى.

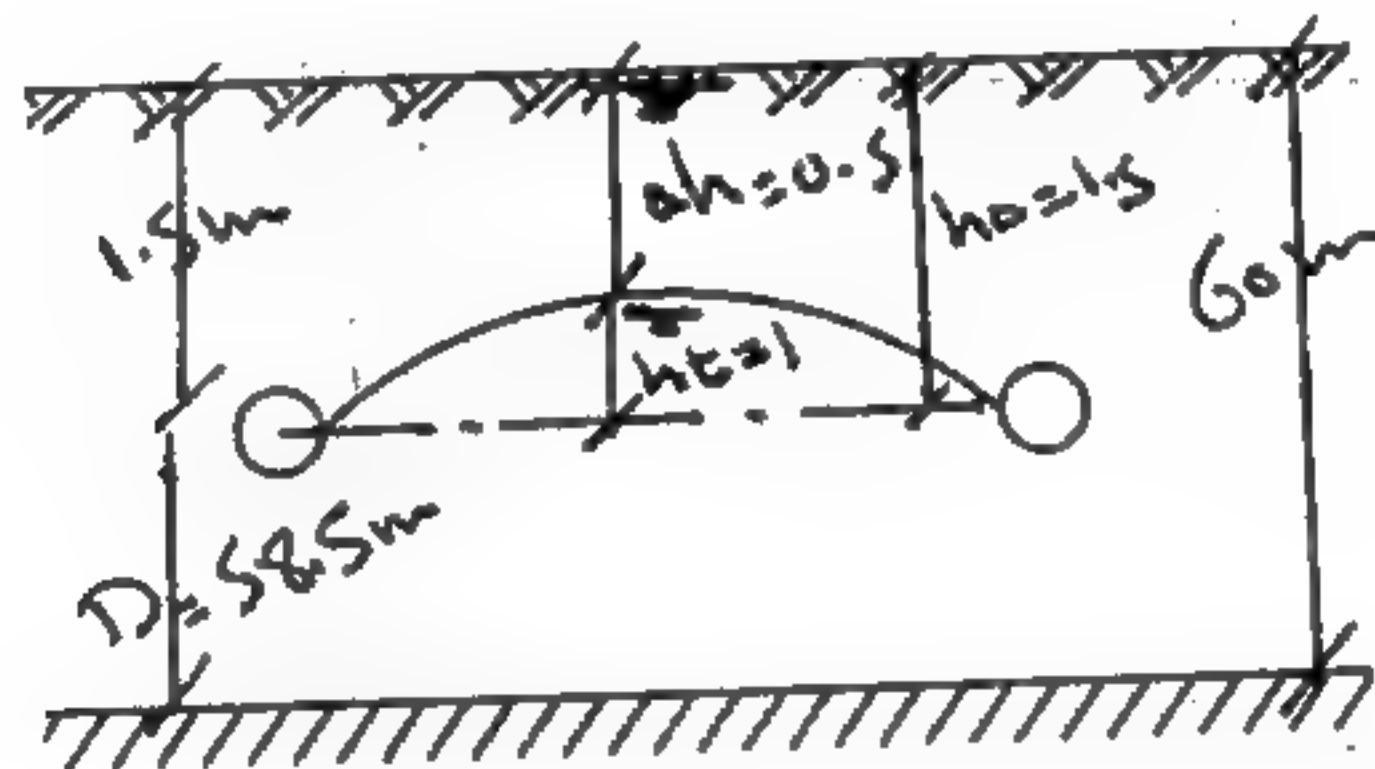
## Final (2002)

3- Compute the spacing between tile drains using:

- Glover equation
- Amer or Kirkham equation.

The water table is required to drop from soil surface to a depth of 0.5 m below soil surface in a 3-days period. The hydraulic conductivity is 1 m/day, the drainable porosity is 5% and the depth to the impermeable layer is 60 m. The diameter of the drain is 0.10 m, and the drain depth is 1.50 m.

(Kirkham =  $(1/\pi)(\ln \{L/\pi r_0\})$ ).



$$\begin{aligned}
 t &= 3 \text{ day} \\
 k &= 1 \text{ m/d} \\
 Fa &= 0.05 \\
 d &= 0.1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Glover equation

$$L = \pi \left[ \frac{t \cdot d \cdot k}{Fa} \right]^{1/2} \cdot \left[ \ln 1.27 \frac{h_0}{h \cdot t} \right]^{1/2}$$

$$L = \pi \left[ \frac{3 \cdot d \cdot k \cdot 1}{0.05} \right]^{1/2} \cdot \left[ \ln 1.27 \frac{1.5}{1} \right]^{1/2}$$

$$L = 30.3 \sqrt{d \cdot k}$$



Assume  $D/L > 0.3$

$$d_e = \frac{L}{2.55 \left( \ln \frac{L}{r_0} - 1.15 \right)}$$

$$d_e = \frac{L}{2.55 \ln \left( \frac{L}{0.05} - 1.15 \right)}$$

$L_{ass}$	$D/L$	$d_e$	$L_{cal.}$
60	0.975	3.319	55.2
↓			

Amer equation

$$L = \frac{t \cdot k}{F_a \cdot F_k \ln(h_0/h_t)}$$

$$F_k = \frac{1}{\pi} \left( \ln \frac{L}{\pi r_0} \right)$$

$$F_k = \frac{1}{\pi} \ln \frac{L}{\pi \times 0.05}$$

$$L = \frac{3 \times 1}{0.05 \times F_k \left( \ln \frac{1.5}{1} \right)}$$

$$L = \frac{147.9}{F_k}$$

L <sub>ass</sub>	F <sub>k</sub>	L <sub>cal</sub>
50	1.834	80.6
60	1.892	78.1
70	1.942	76.2
75	1.963	75.3

$$L = 75 \text{ m}$$

Final (2003)

1. a. Choose the correct answers:

- Dupuit & Forchheimer assumptions are made to:  
simulate boundary conditions – simplify the reality - get approximate solution.
- Spacing between drains is inversely proportion to:  
water table height - hydraulic conductivity - recharge rate per unit area.
- The clay lands (comparing to sandy lands) need:  
narrow spacing drains - wide spacing drains - deep drains - shallow drains.
- Transient drainage equations are suitable for:  
arid & semi-arid regions – humid & sub-humid regions – both.
- The function of the envelope materials is:  
filtering – supporting – minimizing head loss – all pre-mentioned

Final (2003)

b. The  $EC_{iw}$  is 1.2 mmhos/cm, the irrigation gift is 8 mm/day,  $EC_{dw} = 6.0$  mmhos/cm and the hydraulic conductivity is 0.10 m/day. Compute the drain spacing if drain pipes with 10 cm diameter are placed at 2.0 m depth below surface. The water table should not be closer than 0.80 m from the soil surface. The impermeable layer is very deep below drains.

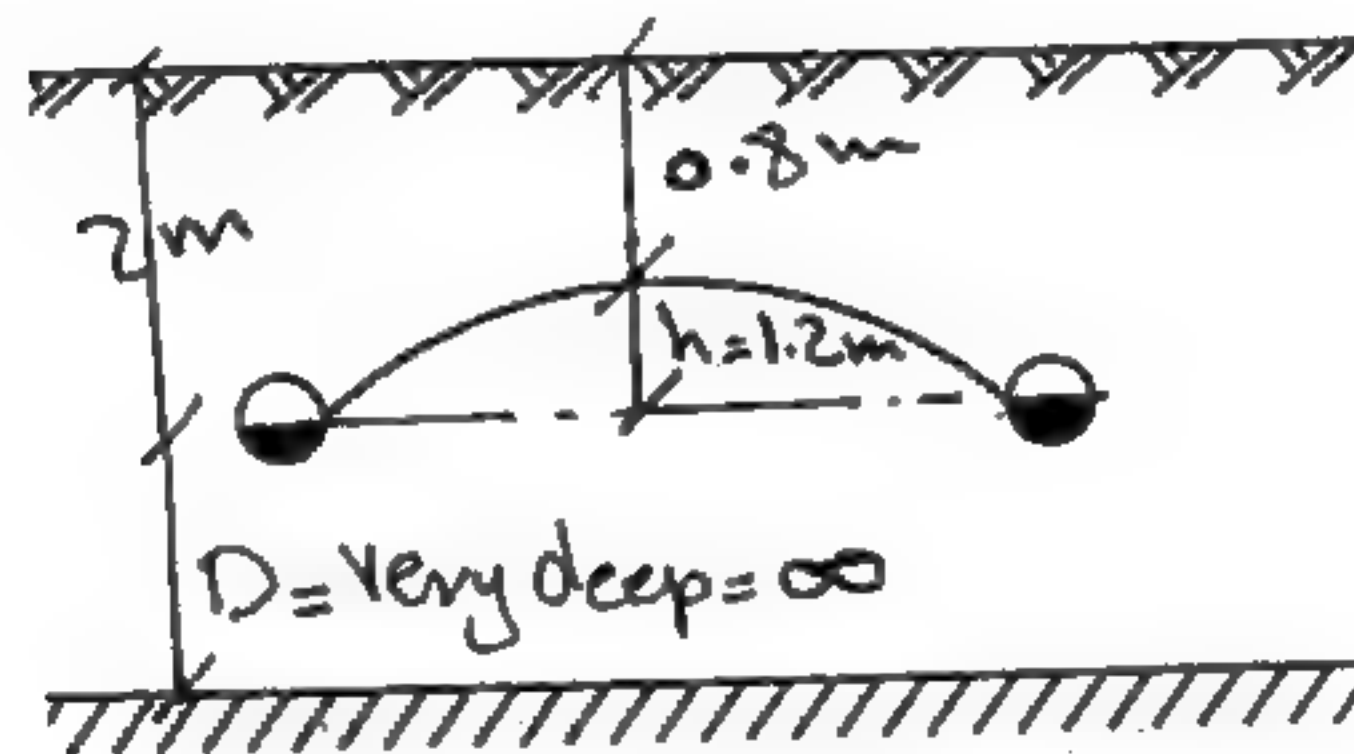
$$EC_{iw} = 1.2 \text{ mmhos/cm}$$

$$\text{irrigation gift} = D_{iw} = 8 \text{ mm/d}$$

$$EC_{dw} = 6 \text{ mmhos/cm}$$

$$K = 0.1 \text{ m/d}$$

$$d = 10 \text{ cm}$$



Salt Balance equation

$$EC_{iw} * D_{iw} = EC_{dw} * D_{dw}$$

$$1.2 * 8 = 6 * D_{dw}$$

$$D_{dw} = q = 1.6 \text{ mm/day}$$



$$L^2 = \frac{8kdeh + 4kh^2}{9}$$

$$L^2 = \frac{8 \times 0.1 \times de \times 1.2 + 4 \times 0.1 \times 1.2^2}{1.6 \times 10^{-3}} \rightarrow \textcircled{1}$$

$$\frac{D}{L} = \frac{\infty}{L} = \infty > 0.3$$

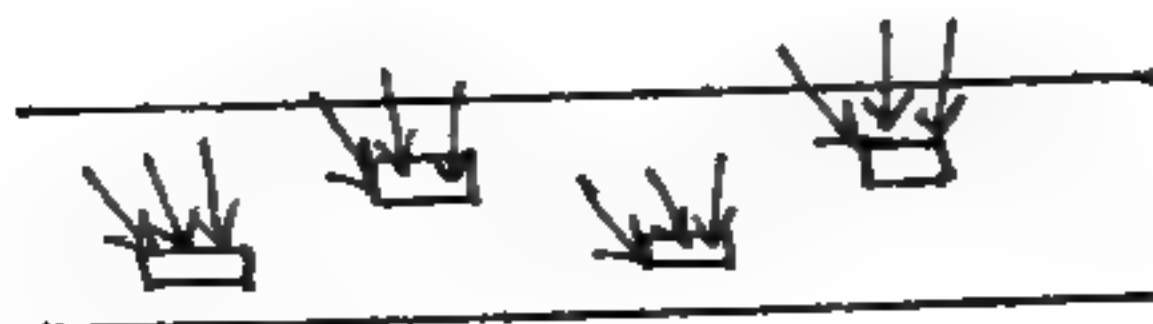
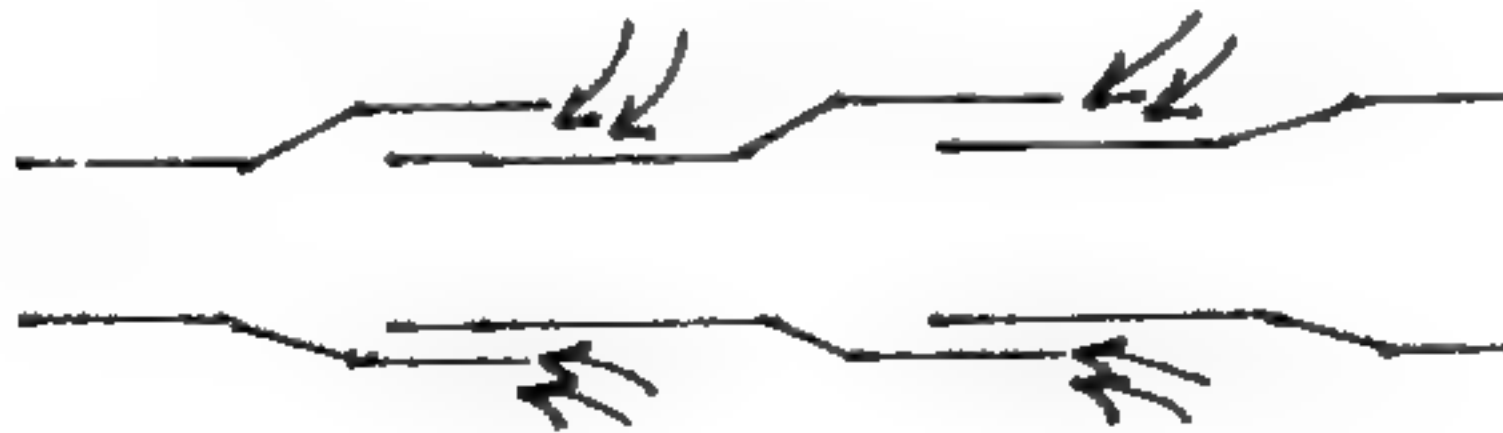
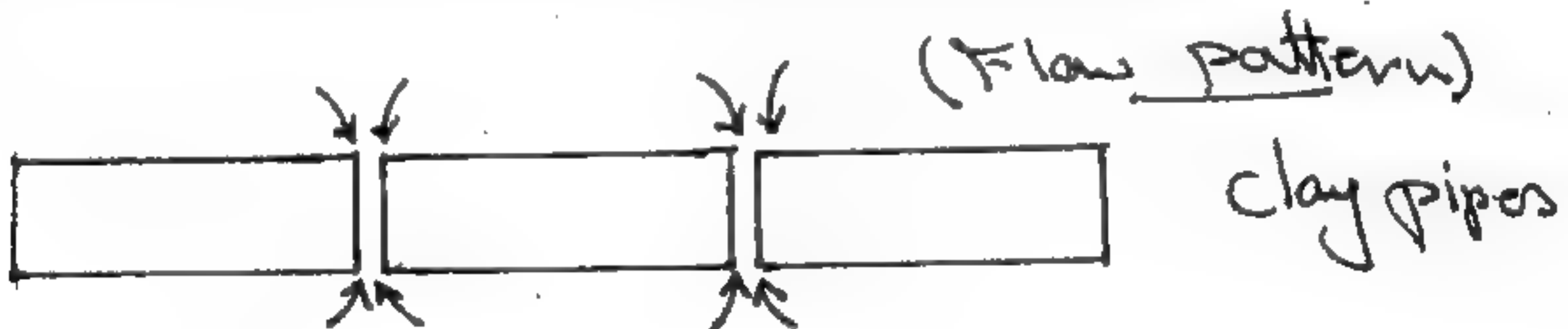
$$de = \frac{L}{2.55 \left[ \ln \frac{L}{r_0} - 1.15 \right]}$$



Complete

Final (2003)

2. ii. What are the most common types of pipes used in land drainage? How can you choose one of them for a project? Draw the entry flow pattern for each.



Final (2003)

b. A collector drain in a composite system has a total length of 750 m and slope 0.04% serve an area with a width 400 m. If the drainage coefficient is 2.0 mm/day and the pipes available are corrugated plastic tubes with diameters equal to 150, 200 and 250 mm. Find the maximum length that can be used of each size to make a collector with increasing diameter.

(Collector)

$$L = 750 \text{ m} \quad B = 400 \text{ m}$$

$$S = 0.04\% \quad q = 2 \text{ mm/d}$$

Corrugated (Non-uniform)

$$d = 150, 200, 250 \text{ mm}$$

$$\boxed{\text{Max length} = F.S = 1}$$

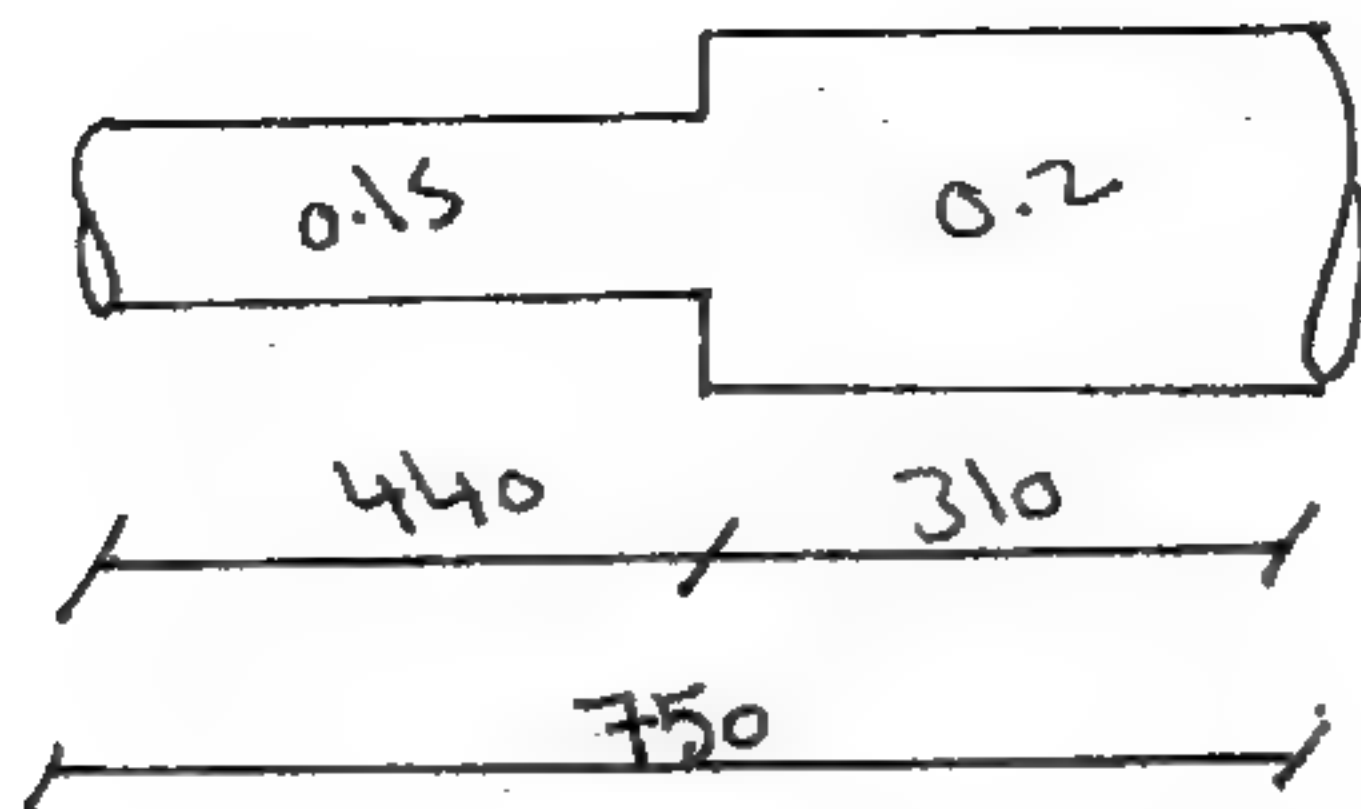
$$qBL = F.S (38 d^{2.667} * S^{0.5})$$

$$\frac{2 * 10^{-3} * 400 * L}{24 * 60 * 60} = F.S (38 d^{2.667} * (\frac{0.04}{100})^{0.5})$$

$$L = 82080 d^{2.667} * F.S \rightarrow 1$$

d	0.15	0.2	0.25
$L_{max}$	521.04	1122.2	/
$0.85 L_{max}$	442.9	953.9	/
$L_{approx}$	440	950	/
each L	440	510	
$L_{total}$	750 m		

17



Final (2004)

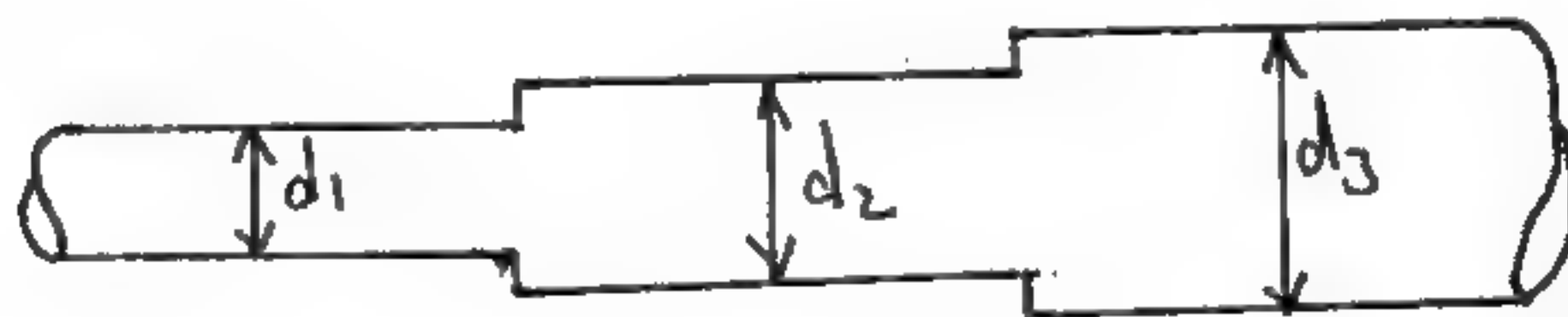
Question No.1

a. Discuss briefly the following:

- salinity and water logging.
- canal seepage.
- the reclamation of salt affected soils.
- drain pipe lines with increasing diameters.
- the main assumption made by Kirkham to solve the steady state solution of the drain spacing equation.

b. State the assumptions of Donnan equation and use them to derive it.

drain pipe lines with increasing diameters



نستخدم المقاطع بأقطار متزايدة في حالة المجمعات (Collectors)  
حيث أنه كلما تزايدت قطر داخل الماسورة زادت زيادة المقطع  
لاستيعاب كميات المياه المتزايدة.



Final (2004), (2006)

## Question No. 2

- a. Compare between corrugated and plastic pipes in tabulate form.  
 b. Design a corrugated plastic collector drain with a slope 0.001 and increasing diameters 130, 165, 205 and 285mm, if the drainage coefficient is 4mm/day. The length of laterals on each side is 250m and the total length of collector is 1000m.  
 What is the drop in elevation for a pipe of diameter of 400mm to transport the flow of this area to a lake at 350m from the outlet.

Corrugated, Collector

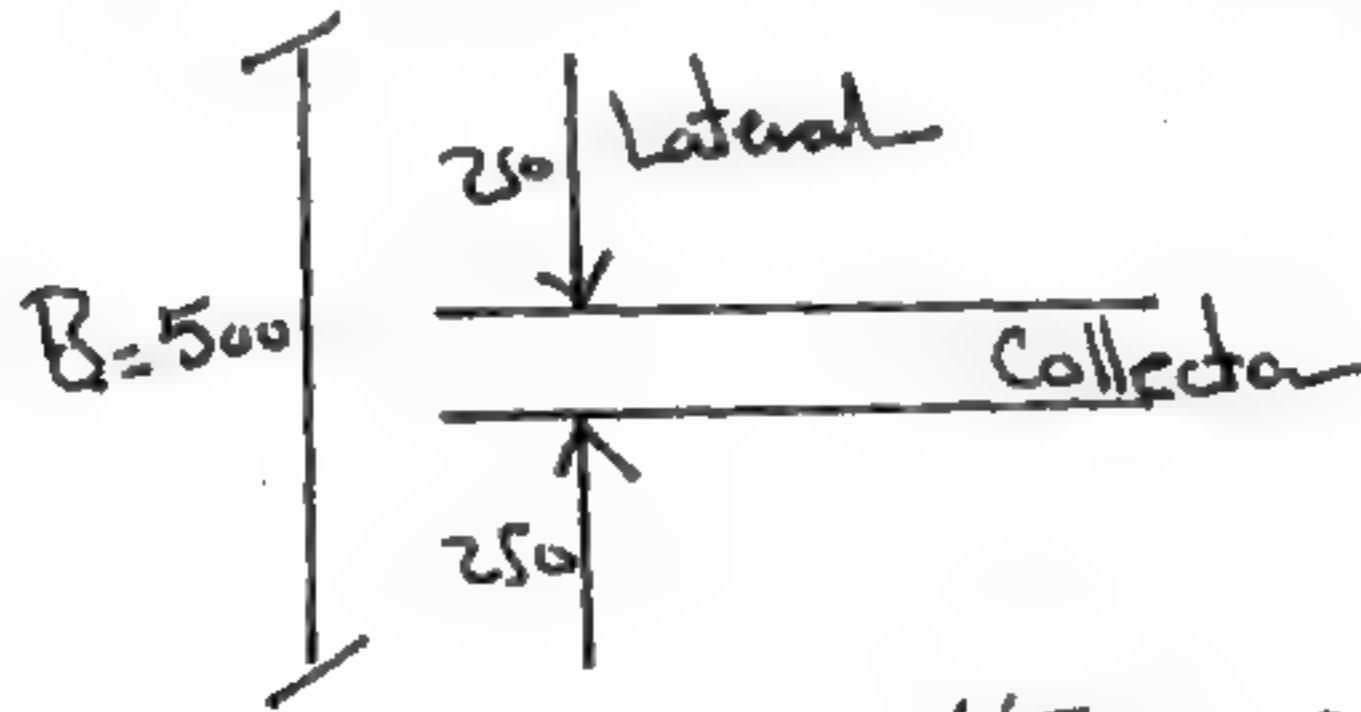
Non uniform

$$S = 0.001$$

$$d = 130, 165, 205, 285 \text{ mm}$$

$$q = 4 \text{ mm/d}$$

$$L_{\text{total}} = 1000 \text{ m}$$



$$q \cdot B \cdot L = F \cdot S \left( 38 d^{2.667} \cdot S^{0.5} \right)$$

$$\frac{4 \times 10^{-3} \times 500 \times L}{24 \times 60 \times 60} = F \cdot S d^{2.667} \cdot (0.001)^{0.5}$$

↓  
get each L

The outflow of the area =  $Q = q \cdot B \cdot L_{\text{total}}$

$$d = 400 \text{ mm}$$

transport  $\rightarrow$  uniform

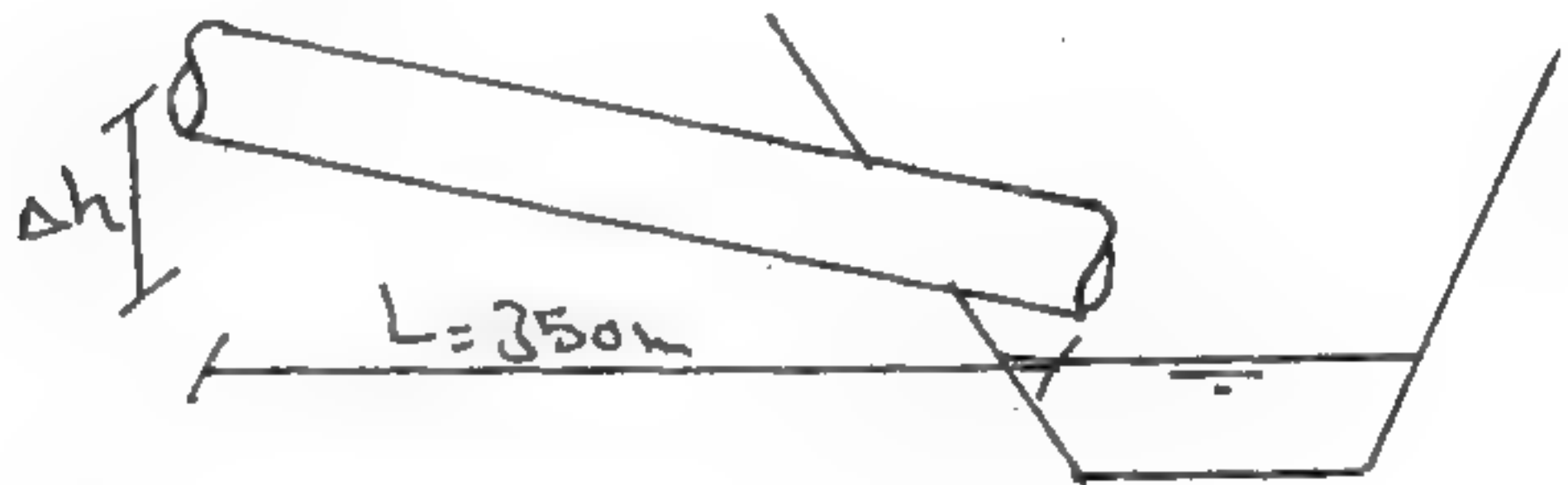
oil is Corrugated  $\rightarrow$   $\frac{1}{2}$  piece  $= 11$

Uniform - Smooth

$$Q_{BL} = F.S (50.3 d^{2.714} S^{0.572})$$

$$\frac{4 \times 10^{-3} \times 500 \times 1000}{24 \times 60 \times 60} = 0.75 (50.3 \times 0.4^{2.714} \times S^{0.572})$$

$$S = 1.87 \times 10^{-4}$$



$$S = \frac{\Delta h}{L}$$

$$1.87 \times 10^{-4} = \frac{\Delta h}{350}$$

$$\Delta h = 0.066 \text{ m}$$

$$6.6 \text{ cm}$$

## Final (2004)

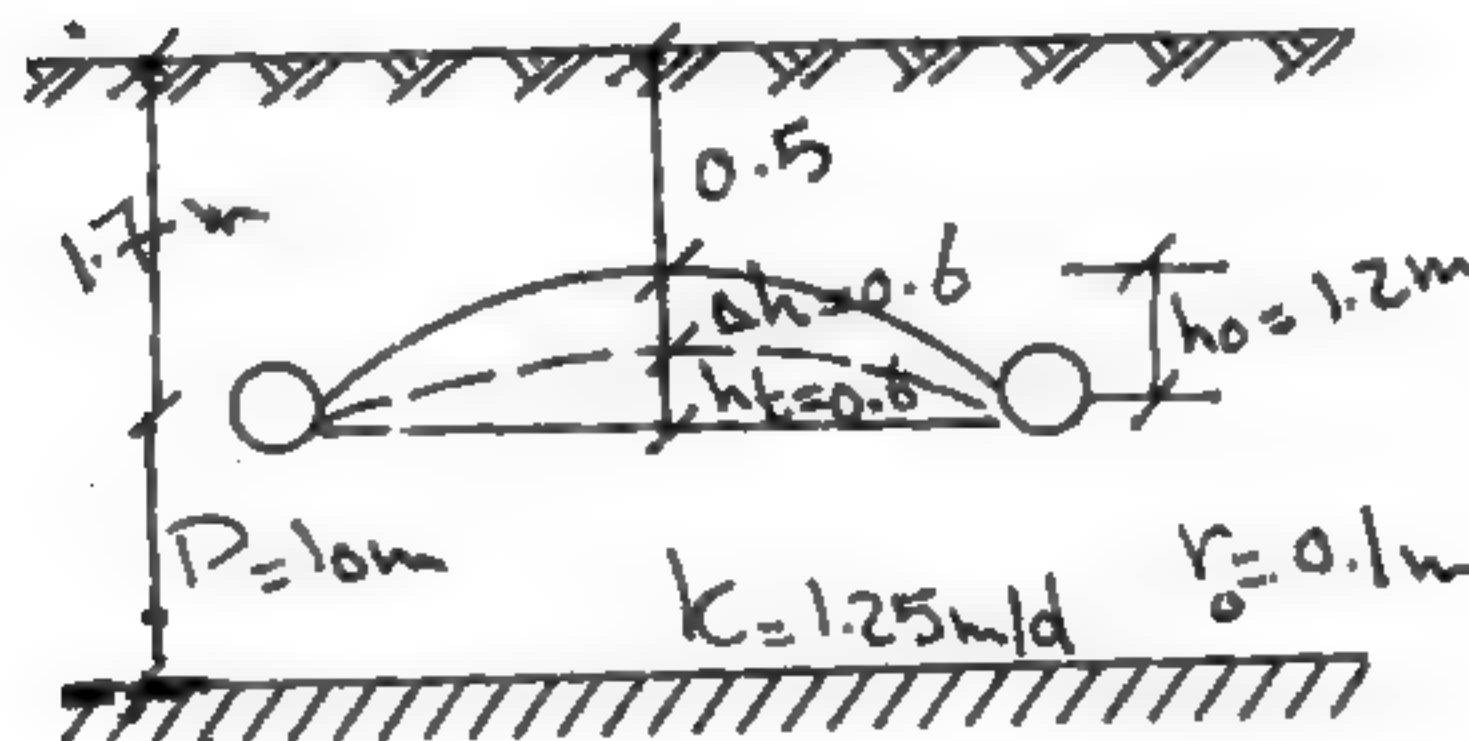
## Question No.3

If the irrigation interval is 15 days and water table is recommended to be lowered by 0.6 m from its initial level midway drains (0.5 m from soil surface) before the next irrigation. The drain depth is 1.7 m and the radius of drain is 10 cm; soil characteristics are: Depth of impermeable layer 10 m from the pipe; hydraulic conductivity is 1.25 m/day and the drainable porosity is 7%. Calculate the spacing of the drainage system for this case using Amer or Kirkham equation.

Table (1) Values of  $F_k$  (Kirkham coefficient)

$L/D$	20	15	10
$D/2r_0$			
64	3.68	3.055	2.43
32	3.459	2.834	2.209

Irrigation interval = 15 day



$$L = \frac{t \cdot k}{F_a \cdot F_k \ln\left(\frac{h_0}{h_t}\right)}$$

$$L = \frac{15 \times 1.25}{0.07 \times F_k \ln\left(\frac{1.2}{0.6}\right)} = \frac{386.4}{F_k}$$



$$L = \frac{386.4}{F_k} \quad \#$$

$$D/2r_0 = \frac{10}{2 \times 0.1} = 50$$

$L_{ass}$	$L/D$	$F_k$	$L_{cal.}$
100	10	2.333	165.6
150	15	2.958	130.62
125	12.5	2.646	146.03

get  $\odot L$  (130  $\rightarrow$  150 m)

$D/2r_0 \backslash L/D$	20	15	12.5	10
64	3.68	3.055		2.43
$\rightarrow$ 50	3.583 $\oplus$	2.958 $\odot$		2.333
32	3.459	2.834		2.209

$$\frac{64-32}{64-50} = \frac{3.68-3.459}{3.68-x}$$

$$\frac{15-10}{15-12.5} = \frac{2.958-2.333}{2.958-y}$$

$$y = 2.646$$

## Final (2005)

## Question No. 2

- a. What are the functions and kinds of drain envelops?  
 b. A corrugated plastic collector with a diameter 25 cm, a length 1000 m laid at negative slope 0.05% drains an area 500 m wide with discharge rate 10 mm/day. What will be the over-pressure at the upstream end of this collector if its capacity is to be set at 75%?

Corrugated, Collector

$$d = 0.25 \text{ m}$$

$$L = 1000 \text{ m}$$

$$B = 500 \text{ m}$$

$$S_p = 0.05\% \text{ (Negative)}$$

$$q_r = 10 \text{ mm/d.}$$

$$F.S = 75\%$$

$$q_{rBL} = F.S (38 \times d^{2.667} \times \bar{S}^{0.5})$$

$$\frac{10 \times 10^{-3} \times 500 \times 1000}{24 \times 60 \times 60} = 38 \times 0.25^{2.667} \times \bar{S}^{0.5}$$

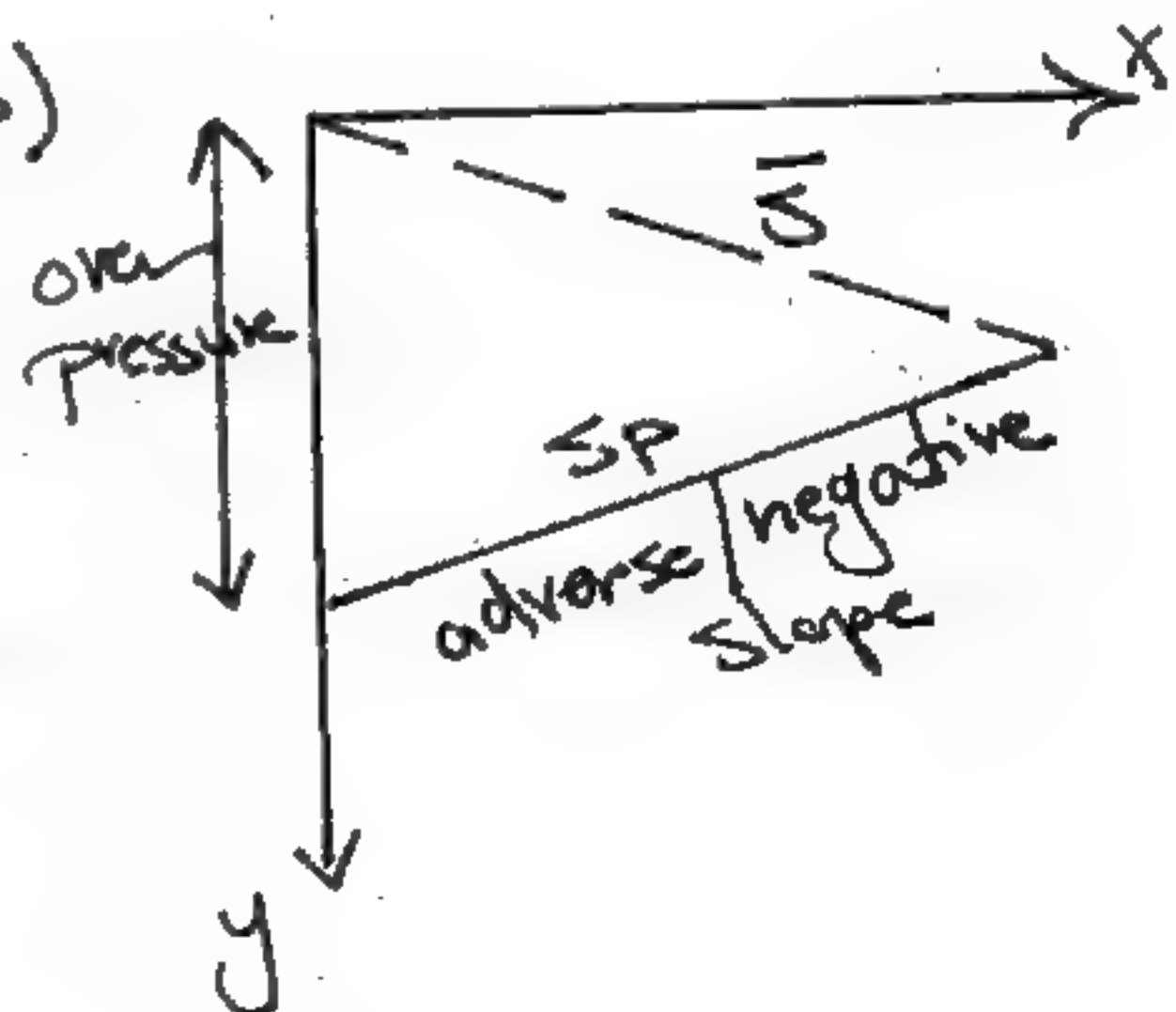
$$\bar{S} = 3.77 \times 10^{-3}$$

Negative slope  $\rightarrow$   $S_p = \frac{0.05}{100}$

$$q_{\text{rel pressure}} = L(\bar{S} + S_p)$$

$$= 1000(3.77 \times 10^{-3} + \frac{0.05}{100})$$

$$\text{over pressure} = 4.27 \text{ m}$$



27  
9/2/12

# Irrigation & Drainage Engineering

2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني



- 3- Determine the drainage coefficient if the irrigation and conveyance coefficients are 0.85 and 0.95 respectively and the quantity of irrigation is 20mm/day, and its salinity is 320ppm. The salinity of soil should not exceed 2mmhos/sec. (8 Marks)

$$q_r = ?$$

$$\text{irrigation efficiency} = 0.85$$

$$\text{Conveyance efficiency} = 0.95$$

$$20 \text{ mm/d} \quad \text{quantity of irrigation}$$

$$EC_{iw} = 320 \text{ ppm}$$

$$EC_{dw} = 2 \text{ mmhos/cm}$$

$$q_r = C * R + \left[ \frac{P}{L.R} \right] * (1-C) * R$$

L.R  
نسبة المالح

$$C = \text{Conveyance losses} = 1 - 0.95 = 0.05$$

$$P = \text{irr. losses} = 1 - 0.85 = 0.15$$

$$L.R = \frac{EC_{iw}}{EC_{dw}} * 100$$

$$EC_{iw} = 320 \text{ ppm}$$

$$1 \text{ mmhos/cm} = 640 \text{ ppm}$$

$$EC_{iw} = \frac{1 \times 320}{640} = 0.5 \text{ mmhos/cm}$$

$$L.R. = \frac{0.5}{2} \times 100 = 0.25 > P$$

$$q = 0.05 \times R + 0.25 \times (1 - 0.05) \times R$$

$$q = 0.2875 R \text{ \#}$$

$$R - q = 20 \text{ mm/d}$$

$$R - q = \left( \frac{D}{F} \right) C_u$$

$$R - 0.2875 R = 20$$

$$R = 28 \text{ mm/d}$$

$$q = 8 \text{ mm/d \#}$$

ملحوظة: الامتحان مكون من ثلاثة أسئلة للردي ومطبوع على ورقة واحدة من وجهين

**Instructions**

Make your answers clear, concise and each question in a separate page. Assume any missing data.

**Question No. 1** (15 degree)

A) What is meant by Irrigation Efficiency? What are the main factors affecting it? State different kinds of irrigation efficiencies.

B) A discharge of 150 lit/sec was diverted from a canal, and 135 lit/sec were delivered to the field. An area of 5 feddans was irrigated in 12 hours the effective depth of root zone was 1.5m. The water losses in the field was 420 m. Available moisture holding capacity of the soil is 20cm per meter depth of soil. If irrigation starts when moisture extraction level reach 30% of the available moisture, determine:

- 1- Water conveyance efficiency.
- 2- Water application efficiency
- 3- Water storage efficiency

C) Design the irrigation frequency for a crop in a certain month considering the following data

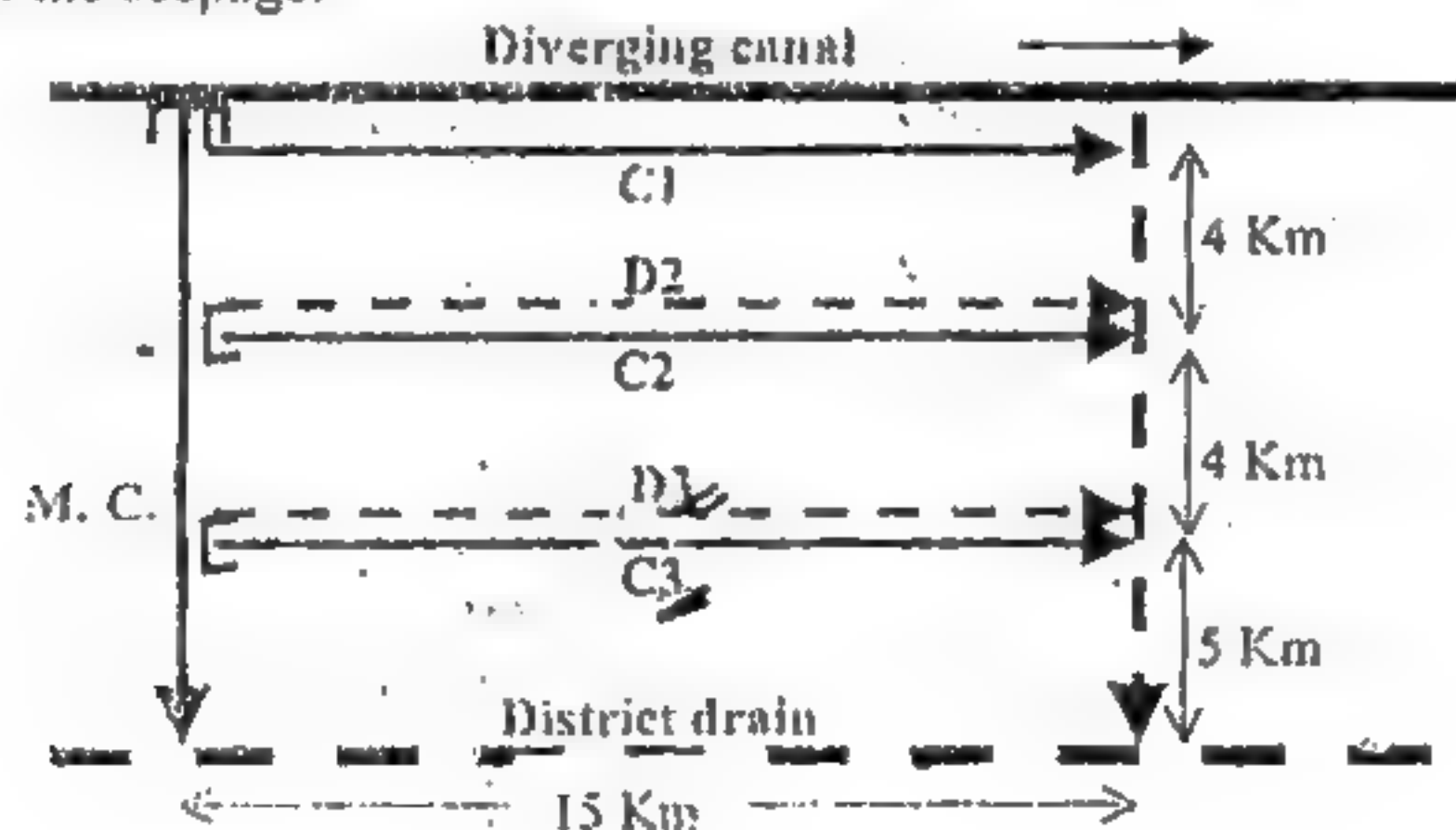
- 1- Average air temperature 25°.
- 2- Yearly day light hours = 8.38%, and the crop coefficient = 0.7,
- 3-  $\gamma_c = 20\%$ ,  $WP = 10\%$ ,  $\gamma_b = 1.3\text{gm/cm}$ , root depth = 70cm, and moisture level = 75%.

**Question No. 2** (15 degree)

A) Show with neat sketches the method of canal and drains alignment of a new reclaimed area of a medium inclined land.

B) A main canal serves the area shown below. A two turn rotation system is used (7 days working period) to irrigate 40% of the area served with Cotton crop and 55% of the area served as Sharaki. Allow 20% as a washing factor and 10% as conveyance losses. It is required to:

- 1- Calculate the field, distributary and main canal water duties.
- 2- Design the cross section of canal C3 and drain D3 to determine the water depth and bed slop. Where the mean velocity in canal  $v = 0.6\text{m/sec}$  and in the drain is  $0.5\text{m/sec}$ , bed width  $b = 3.0\text{m}$  in the canal and  $b = 2.0\text{m}$  in the drain, side slop 1:1 in the canal and 3:2 in the drain, and Manning coefficient  $n = 0.025$  for both canal and drain.
- 3- Draw the typical combined cross section of both the canal C3 and the drain D3 showing all details and dimensions. Take all bank widths 10m, external land slope 2:1 and land level (10.00). Check the seepage.





Final 2007Q<sub>1</sub> (B)

$$W_r = 150 \text{ Lit/sec}$$

$$W_f = 135 \text{ Lit/sec}$$

$$A = 5 \text{ Feddan} \quad t = 12 \text{ hr}$$

$$d = 1.5 \text{ m} \quad \text{water losses} = 420 \text{ m}^3$$

Available moisture holding capacity  
of soil: 20 cm / 1 m depth

irrigation start M.L reach 30% of  
Available Moisture

Req:  $E_c, E_a, E_s$

1) Water Conveyance efficiency

$$E_c = \frac{W_f}{W_r} \times 100 = \frac{135}{150} \times 100 = 90\%$$

2) Water Application efficiency

$$E_a = \frac{W_s}{W_f} \times 100$$

$$W_f = \frac{135 \times 12 \times 60 \times 60}{1000} = 5832 \text{ m}^3$$

$$W_s = 5832 - 420 = 5412 \text{ m}^3$$

← الفواقة

$$E_a = \frac{5412}{5832} \times 100 = 92.8\%$$

### 3) Water Storage Efficiency

$$E_s = \frac{W_s}{W_n} \times 100$$

Moisture holding 20 cm → 1 m  
 عمق المياه من منطقة الجدار X → 1.5 m

$$X = 30 \text{ cm}$$

سيبدأ الري عندما يصل محتوى الرطوبة إلى 30% من الرطوبة المتاحة  
 ∴ الحاجة لري = 70%

$$\text{Moisture required (need)} = 0.7 \times 30 = 21 \text{ cm} = 0.21 \text{ m}$$

↓ مساحة الفدان

$$W_n = 0.21 \times 5 \times 4200 = 4410 \text{ m}^3$$

$$E_s = \frac{5412}{4410} \times 100 = 122.7\%$$

(C)  $t = 25^\circ\text{C}$   
 $P = 8.38\%$   
 $k = 0.7$   
 $FC = 20\%$   
 $W.P = 10\%$

$\gamma_b = 1.3 \text{ gm/cm}^3$   
 $d = 70 \text{ cm}$   
 $M.L = 75\%$

$$F = \frac{D}{C_u}$$

$$C_u = 4.57 \cdot k \cdot P (t + 17.8) / 100$$

cm/month

$$D = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} * d * M.L (F.C - W)$$

get F.

Q2(B)

2 turn 7 day Wash 20%

Cotton  
40%

Shavaki  
55%

350

760

14-18

28-36

7

7

7

7

7



C Sh



C Sh



C M



$$F.W.D = \left( \frac{0.4 \times 350}{1 \times 7} + \frac{0.55 \times 760}{2 \times 7} \right) \times 1.2 = \underline{\quad}$$

$$(B.C)_{w.d} = 1.1 \times F.W.D = \underline{\quad}$$

$$(M.C)_{w.d} = \frac{1.1 \times (B.C)_{w.d}}{2} = \underline{\quad}$$

Canal C<sub>3</sub> { (99 م<sup>2</sup>/اير) }

Req  $\gamma$  ?  
 $S$  ?

$$V = 0.6 \text{ m/s}$$

$$b = 3 \text{ m}$$

$$z = 1, h = 0.025$$

$$A_s = \frac{5000 \times 15000}{4200} = 17857.1 \text{ F}$$

$$Q = \frac{A_s \times (B.C)_{w.d}}{24 \times 60 \times 60} = \underline{\quad}$$

$$\checkmark \rightarrow Q = A \cdot V \leftarrow 0.6 \text{ m/s}$$

get  $A = \underline{\quad}$

$$A = y(b + zy) = y(3 + 1 \times y)$$

get  $y$

From Manning get  $S$

Final (2006), (2007)

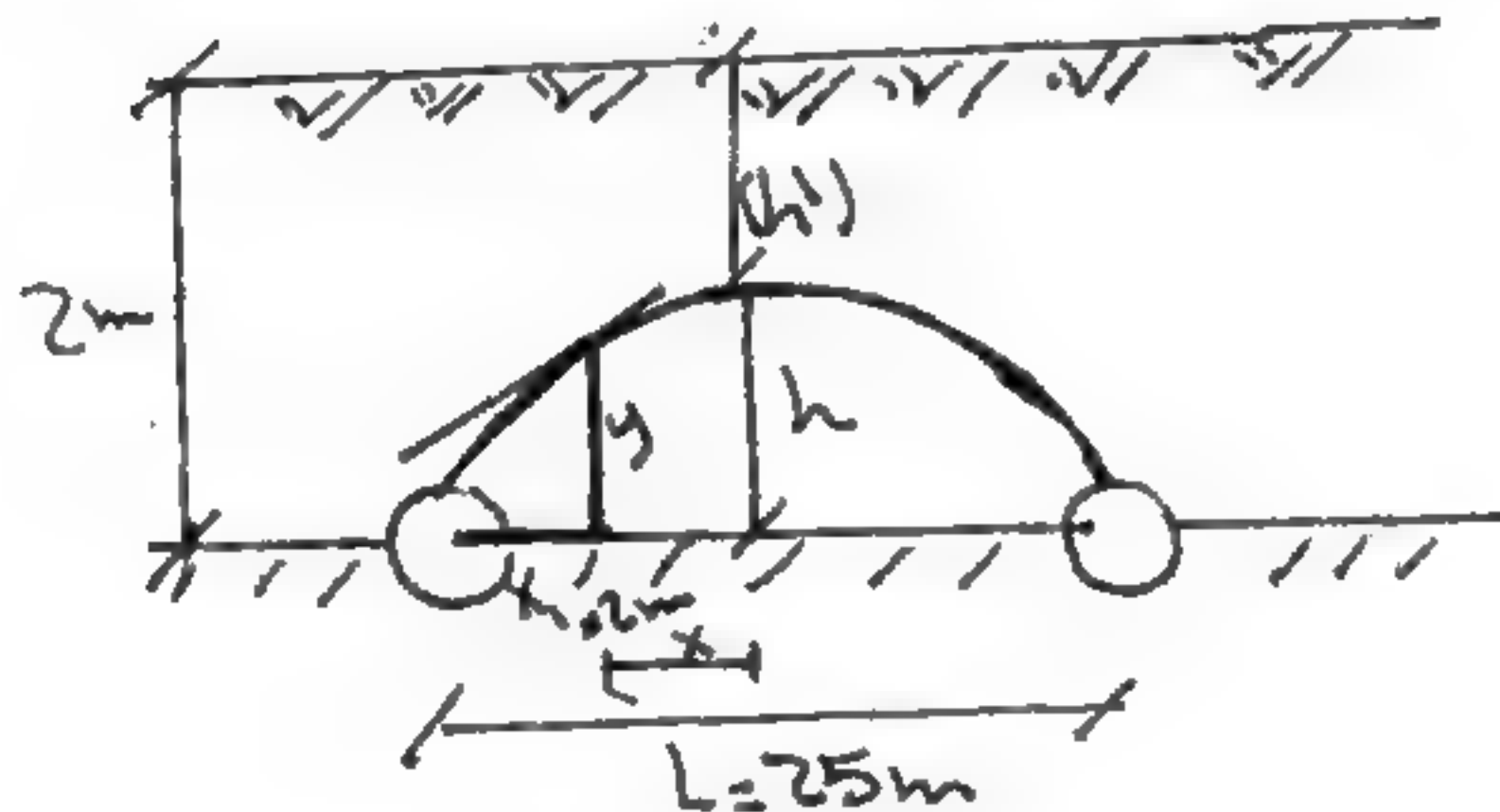
- 3- Calculate the depth of water table below the soil surface, if the constant rate  $R = 12 \text{ mm/day}$ , the hydraulic conductivity  $K = 0.05 \text{ m/hour}$ , the drain spacing  $L = 25 \text{ m}$ , the depth of drains equal  $2 \text{ m}$ , and the drain diameter equals  $0.1 \text{ m}$ . Also, determine the slope of water table at distance of  $2 \text{ m}$  from the drain. (Note: the drains are placed at the impermeable layer). (8 Marks)

$$R = q = 12 \text{ mm/d}$$

$$k = 0.05 \text{ m/hr}$$

$$L = 25 \text{ m}$$

$$d = 0.1 \text{ m}$$



$$(D = 0)$$

$$L^2 = \frac{8kdeh + 4kh^2}{q}$$

$$D = 0 \quad D/L < 0.3$$

$$de = \frac{D}{1 + \frac{D}{L} (2.55 \ln \frac{D}{r_0} - 3.4)} = 0$$

$$25^2 = \frac{4 \times 0.05 \times 24 \times h^2}{12 \times 10^{-3}}$$

$$h = 1.25 \text{ m}$$

$$h' = 2 - 1.25 = 0.75 \text{ m} \#$$

$$x = 12.5 - 2 = 10.5 \text{ m}$$

$$\frac{x^2}{(L/2)^2} + \frac{y^2}{h^2} = 1$$

$$\frac{(10.5)^2}{(12.5)^2} + \frac{y^2}{(1.25)^2} = 1$$

$$y = 0.68 \text{ m}$$

$$\text{Slope of water table} = \tan^{-1} \frac{y}{x_1} = \frac{0.68}{2}$$
$$= 18.8^\circ$$



Course: Irrigation & Drainage  
(2nd year of Civil Eng.)

Instructions: Answer all given questions. Assume any missing data reasonably.

الفرقة الثالثة لائحة حديثة - تخلفت الفرقة الثالثة والرابعة (لائحة حديثة)  
الفرقة الثالثة لائحة سابقة - تخلفت الفرقة الثالثة والرابعة (لائحة سابقة)

**Question No.1**

- 1- Define the drainage engineering science, and state three causes of water-logging. (2 Marks)
- 2- Calculate the depth of water table below the soil surface, if the constant rate  $R=12\text{mm/day}$ , the hydraulic conductivity  $K=0.08\text{m/hour}$ , the drain spacing  $L=30\text{m}$ , the depth of drains equal  $2\text{m}$ , and the drain diameter equals  $0.15\text{m}$ . Also, determine the slope of water table at distance of  $4\text{m}$  from the drain. (Note: the drains are placed at the impermeable layer). (6 Marks)
- 3- Find the pipe length used for lateral drains for both cement and corrugated PVC pipes with internal diameters  $100$ . The drainage rate of  $3\text{mm/day}$ , drain spacing  $35\text{m}$  and the pipe slope is  $0.1\%$ . (7 Marks)

**Question No.2**

- 1- Explain how to determine the water requirements for leaching the saline soil? (4 Marks)
- 2- What are the different junctions of pipe used for the subsurface drainage system? (3 Marks)
- 3- Design a corrugated plastic collector drain with a slope of  $0.1\%$  and increasing diameters  $100, 125, 150, 180$  and  $250\text{mm}$ , if the drainage coefficient is  $4\text{mm/day}$ , the length of lateral in each side is  $210\text{m}$  and the total length of the collector is  $650\text{m}$ . Also, what is the drop in elevation for a pipe of diameter of  $300\text{mm}$  to transport the flow of this area to a lake at  $300\text{m}$  from the outlet? (8 Marks)

**Question No.3**

- 1- What are the functions of filter which covered field drains, How to determine the grain size of filter, then state Terzaghi specifications for designing the inverted filter? (4 Marks)
- 2- Give a brief note about the plastic pipes which used for the subsurface drainage system. (3 Marks)
- 3- The water table height above drain level midway between drains was measured and also the corresponding discharge of the drain per unit area. The results were as follows;

$h\text{ (m)}$	0.9	0.8	0.7	0.62	0.48	0.43	0.25
$q\text{ (m/day)} \times 10^{-3}$	3.307	2.863	2.517	2.172	1.604	1.382	0.789

What are the hydraulic conductivity of the soil and the depth of impermeable layer below the drain if the drain spacing is  $30\text{m}$  and the drain effective diameter is  $0.20\text{m}$ . (8 Marks)

مع أطيب التمنيات بالنجاح والتوفيق



The water table height above drain level midway between drains was measured and also the corresponding discharge of the drain per unit length. The results were as follows:

h (m)	0.9	0.8	0.7	0.62	0.48	0.4	0.25
(Q×10 <sup>-3</sup> ) (liter/sec/m)	1.34	1.16	1.02	0.88	0.65	0.56	0.32

What are the hydraulic conductivity of the soil and the depth of impermeable layer below the drain if the drain spacing is 40 m and the drain effective diameter is 0.20 meter?

Solution

Req: k, D

(q) في معادلة (Hooghoudt) على الصورة (q<sub>m/day</sub>).

$$Q_{(m^3/day/m)} = \frac{Q_{(l/sec/m)} * 24 * 60 * 60}{1000}$$

$$Q = q \cdot L \Rightarrow q_{(m/day)} = \frac{Q_{(m^3/day/m)}}{L(=40m)}$$

h (m)	0.9	0.8	0.7	0.62	0.48	0.4	0.25
Q*10 <sup>-3</sup> (l/sec/m)	1.34	1.16	1.02	0.88	0.65	0.56	0.32
Q*10 <sup>-3</sup> (m <sup>3</sup> /day/m)	115.78	100.22	88.13	76.03	56.16	48.38	27.65
q*10 <sup>-3</sup> (m/day)	2.89	2.51	2.2	1.9	1.4	1.21	0.69
(q*10 <sup>-3</sup> )/h (day <sup>-1</sup> )	3.21	3.14	3.14	3.06	2.92	3.03	2.76

$$I^2 = \frac{8 K d_e h + 4 K h^2}{q}$$

Hooghout

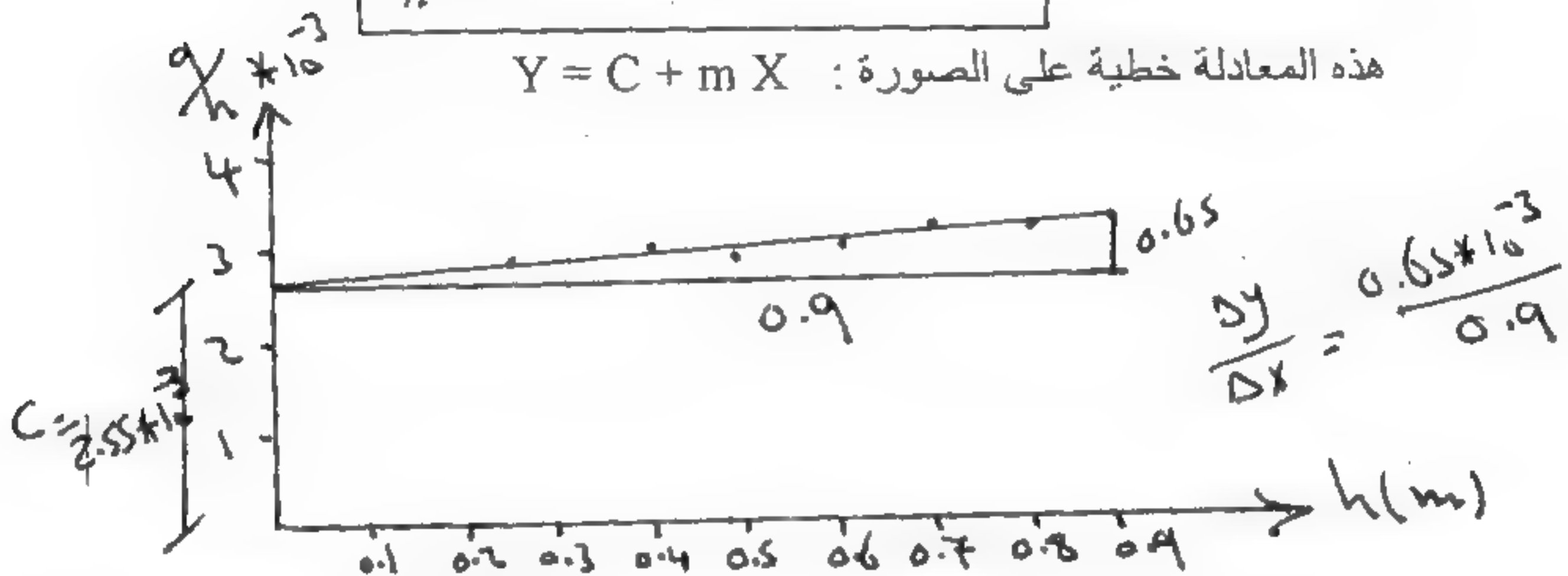
$$q = \frac{8 K d_e h + 4 K h^2}{L^2}$$

$$\frac{q}{h} = \frac{8 K d_e + 4 K h}{L^2}$$

$$L^2 = 40^2$$

$$\frac{q}{h} = 0.005 K d_e + 0.0025 K h$$

هذه المعادلة خطية على الصورة :  $Y = C + m X$



$$C = \text{constant} = 0.005 K d_e$$

$$m = 0.0025 K = \text{Slope} = \tan \theta$$

$$\tan \theta = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{0.65 \times 10^{-3}}{0.9} = 0.0025 K$$

$$\therefore K = 0.289 \text{ m/day}$$

$$0.005 K d_e = 2.55 \times 10^{-3} \rightarrow d_e = 1.76 \text{ m}$$

Assume  $D/L \leq 0.3$

$$d_e = \frac{D}{1 + \frac{D}{L} \left[ 2.55 \ln \frac{D}{r_o} - 3.4 \right]}$$



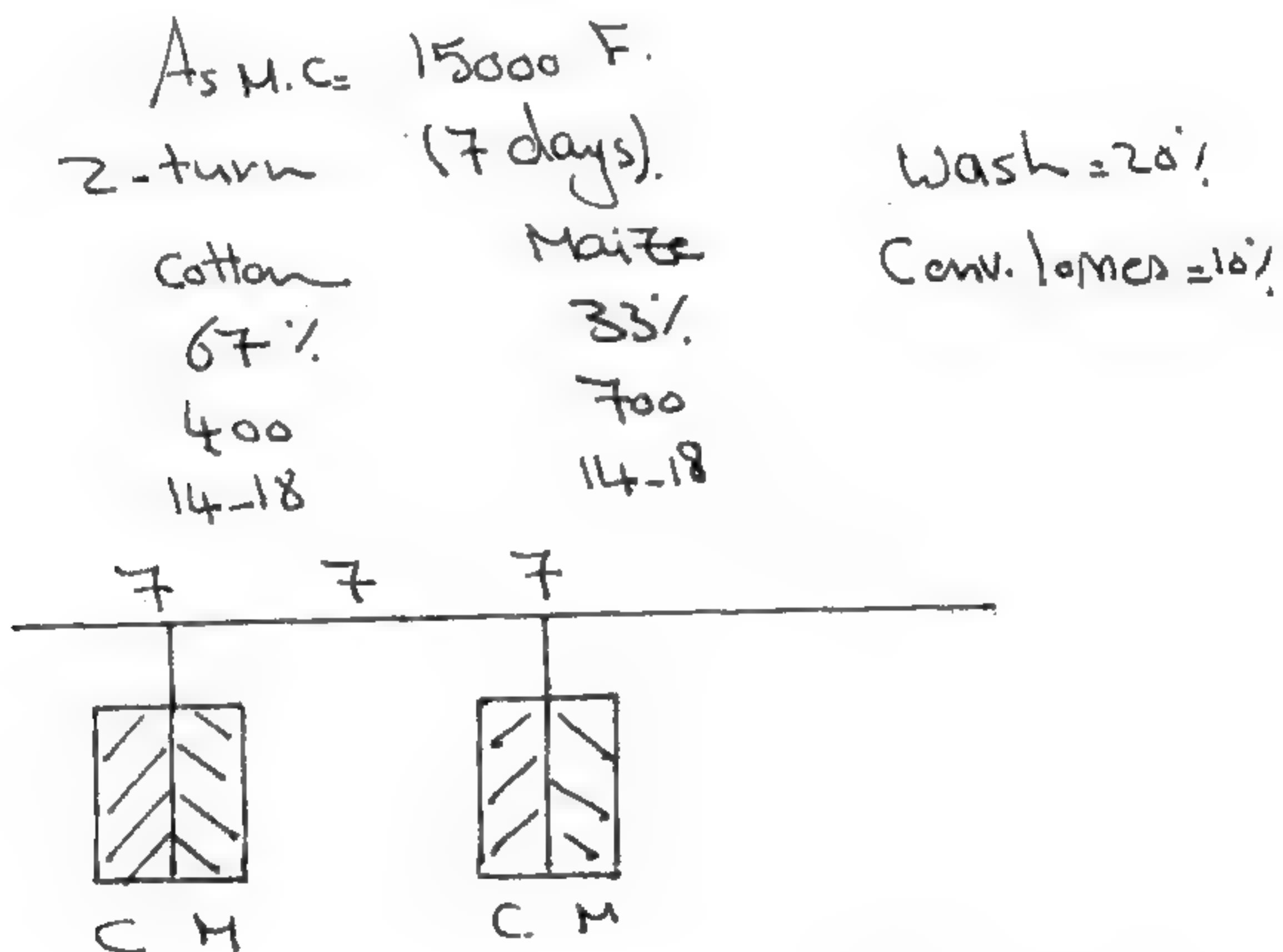
$$d_e = 1.76 = \frac{D}{1 + \frac{D}{40} \left[ 2.55 \ln \frac{D}{0.1} - 3.4 \right]}$$

$D_{ass.}$	$D/L$	$d_e$
1	0.025	0.9418
2	0.05	1.65
2.5	0.0625	1.9223
2.3	0.0575	1.8193
2.2	0.055	1.7649

$$\therefore D = 2.2 \text{ m}$$

30-A main canal serves area of 15000 fed. is divided equally between three canals A, B, and C. The area served by A is cultivated by maize (needs  $700\text{m}^3/\text{fed}/\text{application}$ ). The area served by B, C cultivated by cotton (needs  $400\text{m}^3/\text{fed}/\text{application}$ ). Using two turn rotation (7days working period and 7days closing period) and assuming the conveyance efficiency 90% and the washing requirements 20% calculate:

- Water duty of the field and the distributor canals A, B, and C.
- Water depth in the main canal if the allowable velocity  $0.7\text{m}/\text{sec}$ , the bed width  $6\text{m}$ , the side slopes  $1:1$ , bed slope  $10\text{cm}/\text{km}$ , and Manning coefficient  $0.025$ .
- Diameter of the pipe of the intake of canal (A) if its length  $20\text{m}$ , and the friction coefficient of pipe material  $0.005$ .



$$\text{F.W.D} = \left( \frac{0.67 \times 400}{1 \times 7} + \frac{0.33 \times 700}{1 \times 7} \right) \times 1.2$$

$$= 85.5 \text{ m}^3/\text{Fed}$$

$$(\text{B.C.W.D}) = 1.1 \times 85.5 = 94.1 \text{ m}^3/\text{Fed}$$

$$(\text{M.C.W.D}) = \frac{1.1 \times 94.1}{2} = 51.7 \text{ m}^3/\text{Fed}$$

$$Q_{M.C} = \frac{A_s * WD}{24 * 60 * 60}$$

$$Q_{M.C} = \frac{15000 * 51.7}{24 * 60 * 60} = 8.9 \text{ m}^3/\text{s}$$

2) Req: (y)

$$V = 0.7 \text{ m/s}$$

$$b = 6 \text{ m}$$

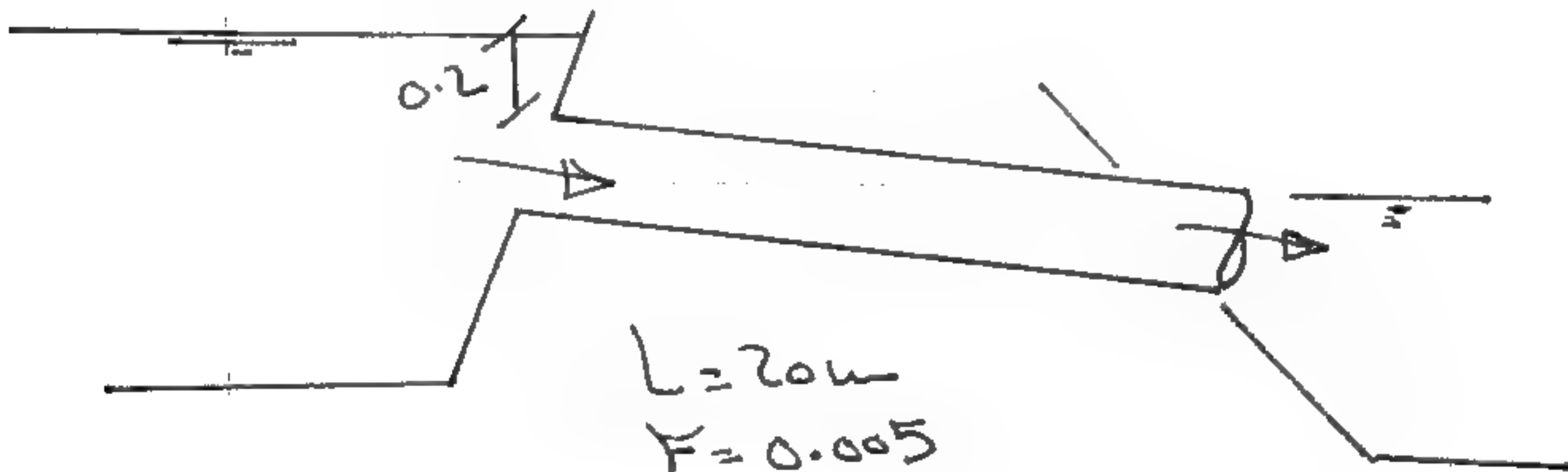
$$E = 1$$

$$S = 10 * 10^{-5}$$

$$n = 0.025$$

$$V = \frac{1}{n} \frac{A^{2/3}}{P^{2/3}} S^{1/2}$$

get (y)



$$Q_A = \frac{5000 * 94.1}{24 * 60 * 60} = 5.4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Assume  $V_p = 1.5 \text{ m/s}$

$$A_p = \frac{Q_A}{V_p} = \frac{5.4}{1.5} = 3.6 \text{ m}^2$$



$$A_p = 3.6 = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$d = 2.1 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$$

$$H_L = \left( 1.5 + \frac{4FL}{d} \right) \frac{V^2}{2g}$$

0.5 entrance losses

1 exit losses

$$H_L = \left( 1.5 + \frac{4 \times 0.005 \times 20}{2} \right) \frac{1.5^2}{2 \times 9.81}$$

$$H_L = 0.19 \text{ m}$$

take the pipe submergence = 20 cm

---

28.  
70.

# Irrigation & Drainage Engineering

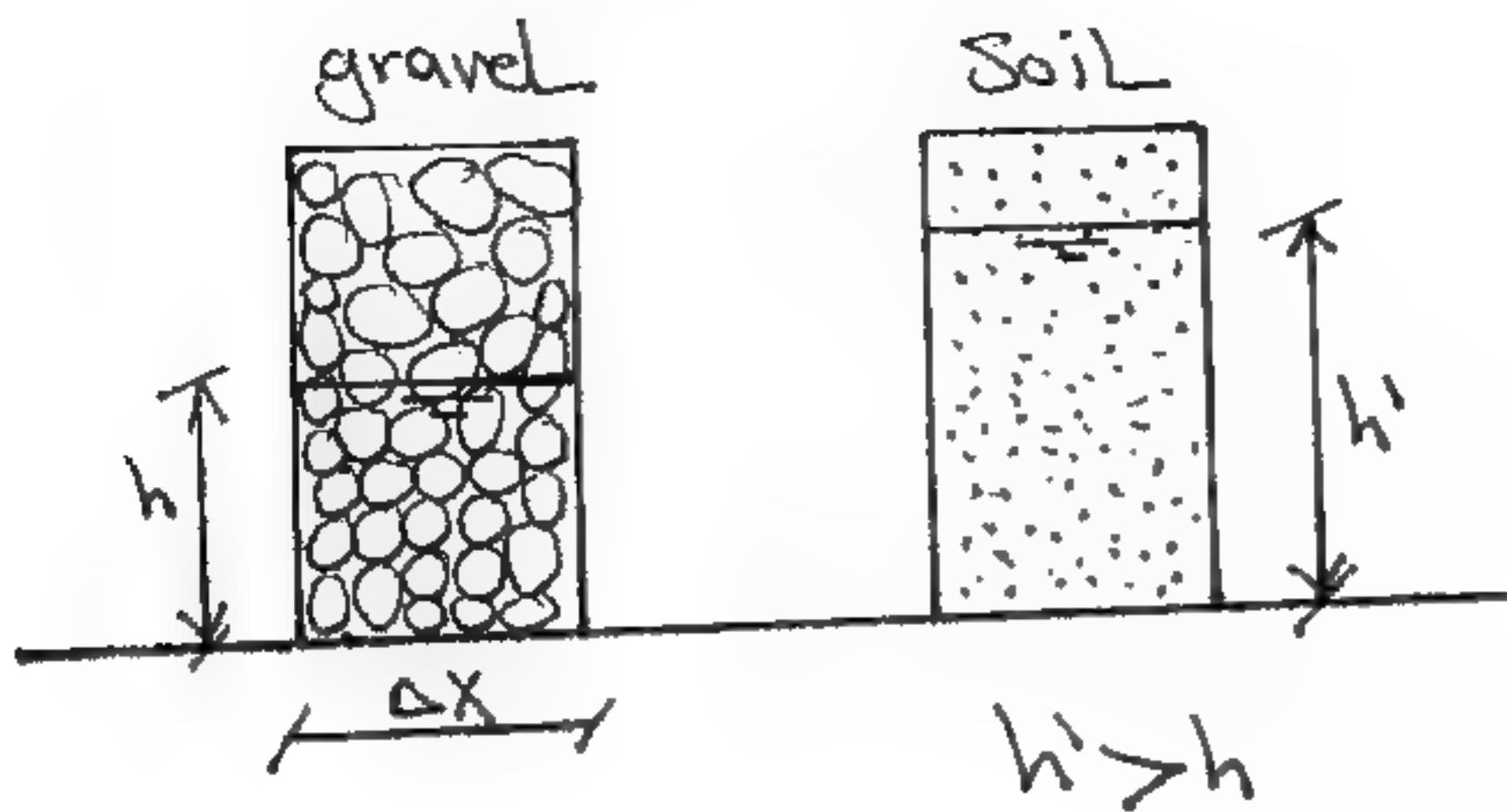
2<sup>nd</sup> year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 8

مرف

## Kirkham Correction Factor



$$\Delta Q_1 = \Delta Q_2$$

$$\downarrow \Delta Q = q_r \cdot \Delta x \rightarrow (1)$$

$$\downarrow \Delta Q = k \frac{(h' - h)}{h'} \Delta x \rightarrow (2)$$

From (1) & (2)

$$q_r \cdot \cancel{\Delta x} = k \frac{(h' - h)}{h'} \cdot \cancel{\Delta x}$$

$$q_r = \frac{kh' - kh}{h'} = \frac{k - k \frac{h}{h'}}{1}$$

$$k \frac{h}{h'} = k - q_r$$

$$h' = \frac{kh}{k - q_r} = \frac{h}{1 - q_r/k}$$

$$h' = h * \frac{1}{1 - q_r/k}$$

or

$$h = h' (1 - q_r/k)$$

Correction Factor  $(1 - q_r/k)$

$$L = \frac{kh}{q_r} \cdot \frac{1}{Fk}$$

$$L = \frac{kh'}{q_r} \cdot \frac{1 - q_r/k}{Fk}$$

$-h = \frac{q_r \cdot L \cdot Fk}{k}$
$h' = \frac{q_r \cdot L \cdot Fk}{k} \cdot \frac{1}{1 - q_r/k}$



Deduce the general equation for designing  
Pipes for transporting and dewatering cases.

1) Transporting (Uniform) Case

Smooth pipe

$$h_L = \frac{F \cdot L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \text{Darcy eqn.}$$

$$F = a R_h^{-b} \quad \left( R_h = \frac{v \cdot d}{\Delta} \quad \text{inches} \right)$$

$$F = a \left( \frac{v \cdot d}{\Delta} \right)^{-b}$$

$$h_L = \frac{a \left( \frac{v \cdot d}{\Delta} \right)^{-b} \cdot L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$\frac{h_L}{L} = S' = \frac{a \left( \frac{v \cdot d}{\Delta} \right)^{-b}}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$S' = \frac{a \cdot v^{2-b}}{\Delta^{-b} \cdot d^{1+b} \cdot 2g}$$

$$v^{2-b} = \frac{S' \cdot d^{1+b} \cdot 2g \cdot \Delta^{-b}}{a}$$

$$v = \left( \frac{S' \cdot d^{1+b} \cdot 2g \cdot \Delta^{-b}}{a} \right)^{\frac{1}{2-b}} \rightarrow \textcircled{1}$$

$$Q = A \cdot v = v \cdot \frac{\pi}{4} d^2$$

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2} \rightarrow \textcircled{2}$$

$$\frac{4Q}{\pi d^2} = \left( \frac{S \cdot d^{1+b} \cdot 2g}{a \Delta^b} \right)^{1/2-b}$$

$$\left( \frac{4Q}{\pi d^2} \right)^{2-b} = \frac{S \cdot d^{1+b} \cdot 2g}{a \Delta^b}$$

$$S = a \Delta^b \left( \frac{4Q}{\pi d^2} \right)^{2-b} \cdot \frac{1}{d^{1+b} \cdot 2g}$$

$$S = \frac{a \Delta^b}{2g} \left( \frac{4}{\pi} \right)^{2-b} \cdot \frac{Q^{2-b}}{d^{5-b}}$$

Constant c

$$S = C \frac{Q^{2-b}}{d^{5-b}}$$

$$\begin{aligned} 2-b &= B \\ 5-b &= \alpha \end{aligned}$$

$$S = C Q^B d^{-\alpha}$$

For Smooth

$$a = 0.4 \quad b = 0.25 \quad B = 1.75 \quad \alpha = 4.75$$

$$\Delta = 1.31 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec at } 10^\circ\text{C}$$

$$Q = C^{-1/B} d^{\alpha/B} S^{1/B}$$

$$(\text{Constant}) \text{ بالتحويل } C^{-1/B} = 50.3$$

$$Q = 50.3 \cdot d^{2.714} \cdot S^{0.572}$$

## Corrugated pipe

Manning equ

$$Q = \frac{1}{n} \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} S^{1/2}$$

$$1/n = 70$$

$$Q = 70 \cdot \frac{(\pi d^2/4)^{5/3}}{(\pi d)^{2/3}} S^{0.5}$$

$$Q = 21.8 \cdot d^{2.667} S^{0.5}$$

## 2) Dewatering (Non Uniform) Case

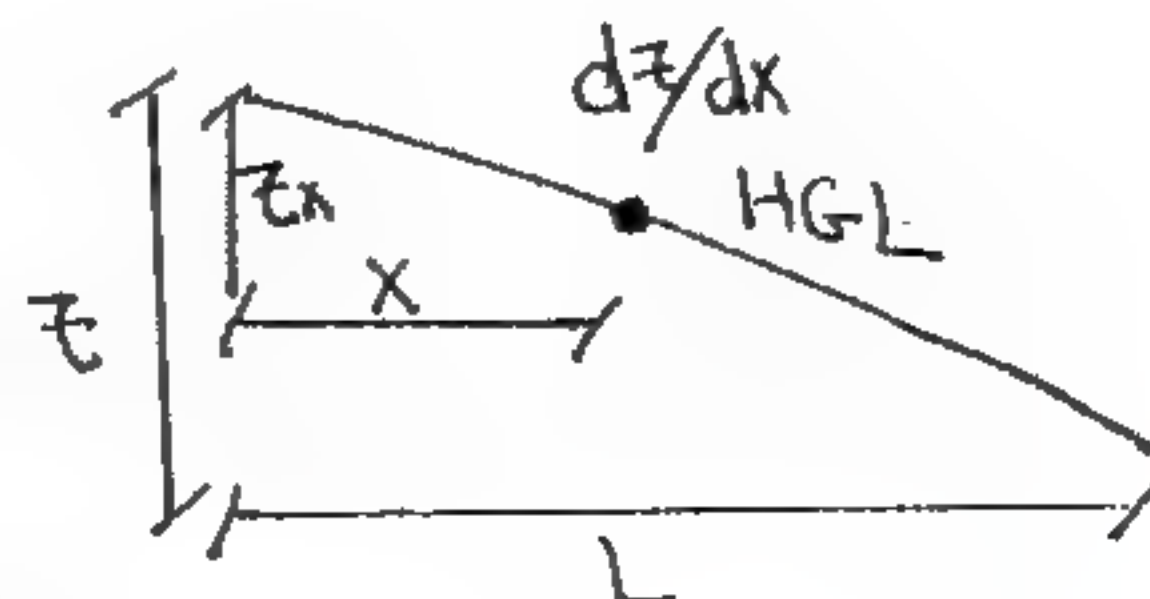
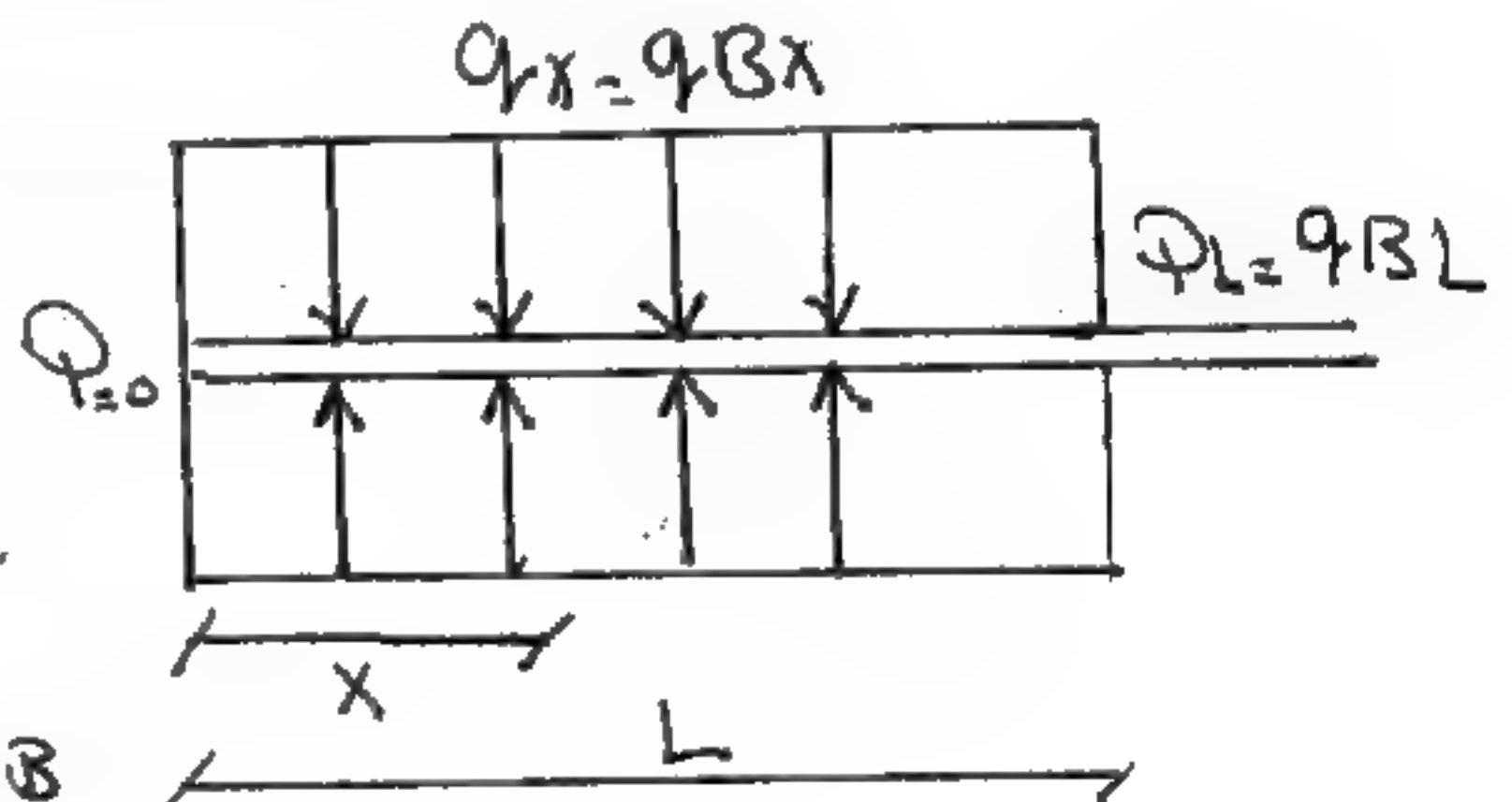
$$S = C Q^B d^{-\alpha}$$

$$\frac{dz}{dx} = C (q B x)^B d^{-\alpha}$$

$$\frac{dz}{dx} = C (q B)^B d^{-\alpha} x^B$$

$$dz = C (q B)^B d^{-\alpha} x^B dx$$

$$z_x = C (q B)^B d^{-\alpha} \frac{x^{B+1}}{B+1} + C$$





At  $x=0$   $z=0$   $\therefore C=0$

$$z_x = \frac{C}{B+1} * (\varphi B x)^B * x * d^{-\alpha}$$

$$z_x = \frac{C}{B+1} (\varphi x)^B * x * d^{-\alpha}$$

At  $z_x = z$   $x = L$

$$z = \frac{C}{B+1} (\varphi L)^B * L * d^{-\alpha} \div L$$

$$z = \frac{z}{L} = \frac{1}{B+1} * C * \varphi^B * d^{-\alpha}$$

$$z^{1/B} = (B+1)^{-1/B} * C^{1/B} * \varphi * d^{-\alpha/B}$$

$$\varphi = (B+1)^{1/B} C^{-1/B} d^{\alpha/B} z^{1/B}$$

$$Q_{dewatering} = (B+1)^{1/B} Q_{transporting}$$

Smooth  $B=1.75$   $(B+1)^{1/B} = 1.78$

Corrugated  $B=2$   $(B+1)^{1/B} = 1.73$

$$\text{Smooth } Q = 89 \cdot d^{2.714} \cdot z^{0.572}$$

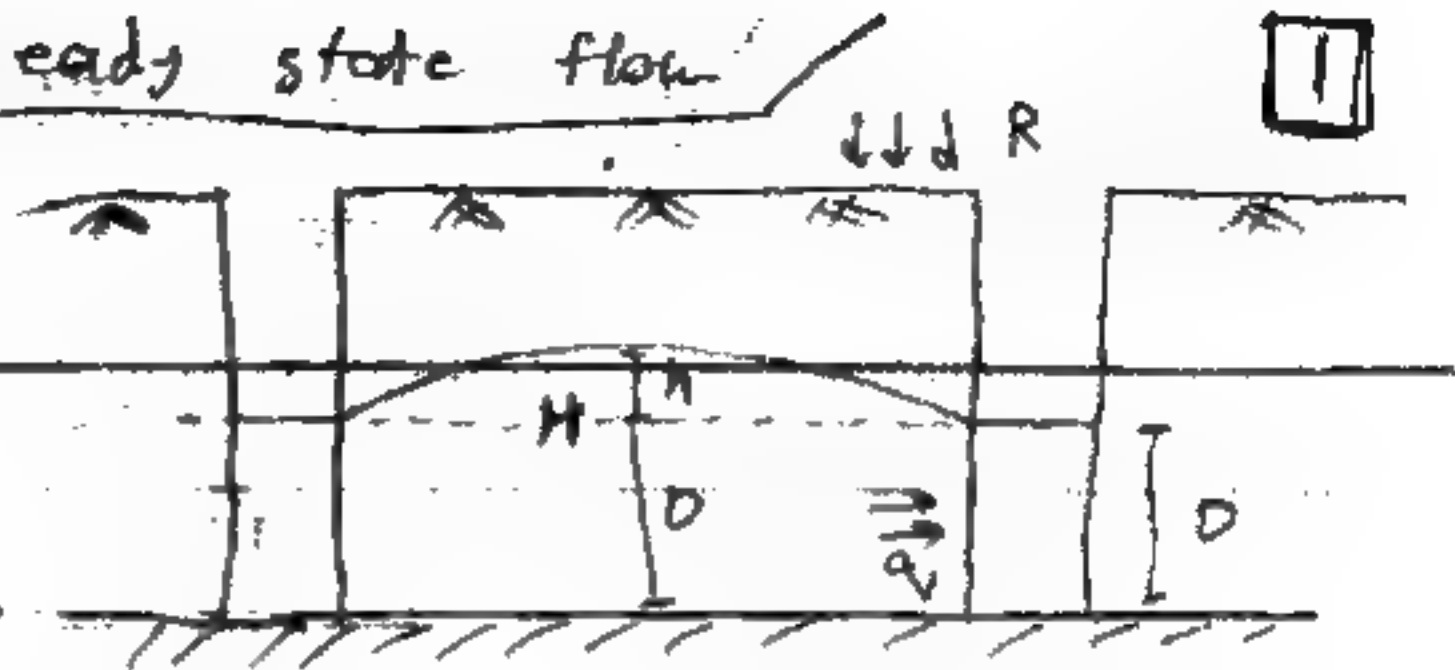
$$\text{Corrugated } Q = 38 \cdot d^{2.667} \cdot z^{0.5}$$

★ Donnan equation

steady state flow

$$L^2 = \frac{4K(H^2 - D^2)}{R}$$

$$L^2 = \frac{8K_b D \cdot h + 4K_a h^2}{R}$$

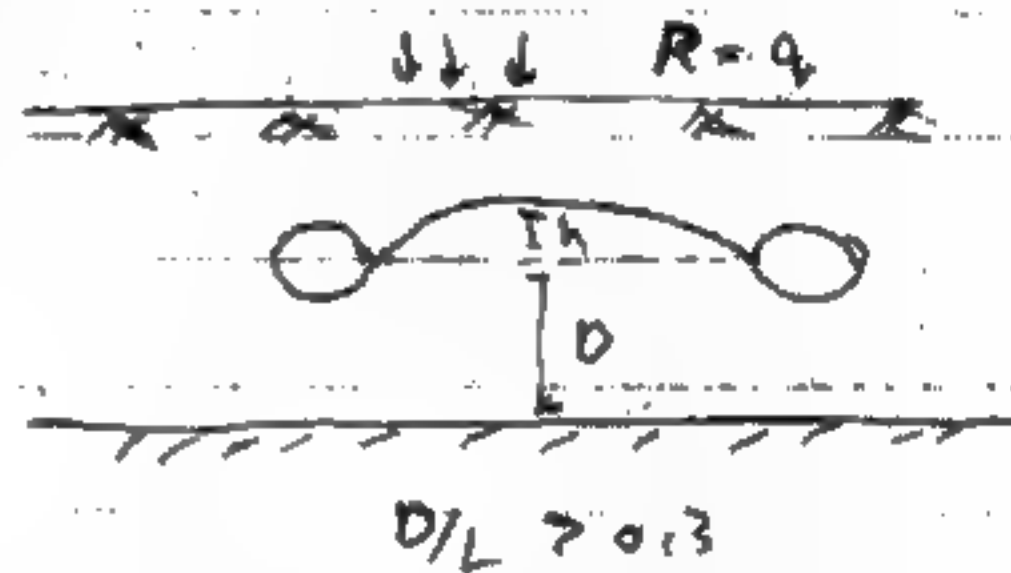


★ Hooghoudt equation

$$L^2 = \frac{8K_b de \cdot h + 4K_a l^2}{q}$$

$$\frac{D}{L} \leq 0.3$$

$$de = \frac{D}{1 + \frac{D}{L} [2.55 \ln \frac{D}{r_0} - 3.4]}$$



$$\frac{D}{L} > 0.3$$

$$de = \frac{L}{2.55 [\ln \frac{L}{r_0} - 1.15]}$$

★ Kirkham equation

$$L = \frac{K_b \cdot h}{q} \times \frac{1 - \frac{q}{K_g}}{F_K}$$

$$\frac{D}{L} > 0.25$$

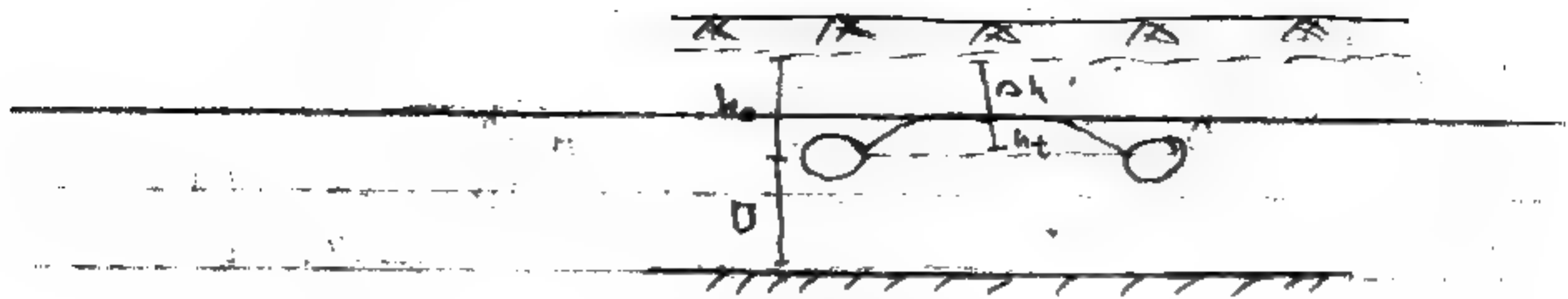
$$F_K = \frac{1}{\pi} \ln \frac{L}{\pi r_0}$$

★ Ernst equation

$$h = h_v + h_b + h_r + h_e$$

$$h = \frac{q \cdot D_v}{K_v} + \frac{q \cdot L^2}{8 \Sigma (K D)_h} + q \frac{L}{\pi K_r} \ln \frac{a D_r}{u} + \frac{\alpha}{K_f} \cdot Q$$

## Non-steady state flow



**Glover**  $L = \pi \left[ \frac{t \cdot d_e \cdot k}{f_a} \right]^{1/2} \left[ \ln \left( 1.77 \frac{h_0}{h_t} \right) \right]^{-1/2}$   $\left\{ \begin{array}{l} \frac{D}{L} < 0.17 \\ \frac{D}{L} > 0.17 \end{array} \right.$

**Glover-Dumm**  $L = \pi \left[ \frac{t \cdot d_e \cdot k}{f_a} \right]^{1/2} \left[ \ln \left( 1.16 \frac{h_0}{h_t} \right) \right]^{-1/2}$

net deep percolation  $R = \frac{D \cdot h \cdot f_a}{h_0 - h_t}$   $\rightarrow$  drain porosity of soil

## Jan van Rijn/Gaarde

$$L = 3 \left[ \frac{t \cdot k \cdot (d_e + h_t)(d_e + h_0)}{2 f_a (h_0 - h_t)} \right]^{1/2} \left[ 1 - \frac{d_e}{d_e + h_0} \right]^{1/2}$$

$$L = 3 \left[ \frac{t \cdot d_e \cdot k}{f_a} \right]^{1/2} \left[ \ln \frac{h_0 (d_e + h_t)}{h_t (d_e + h_0)} \right]^{1/2}$$

## Amor and Luthy

$\frac{D}{L} < 0.175$   $L = \frac{t \cdot k}{f_a \cdot f_r \ln(h_0/h_t)}$

$\frac{D}{L} > 0.175$   $L = \frac{\pi \cdot t \cdot k}{f_a \ln(L/r_0) \ln(h_0/h_t)}$



$$Q = \frac{\pi_1 (B + 2d)}{3.5}$$

معدل التدفق من القناة

5

$$t = \frac{\pi \pi_2 f_0 y^2 (D + \frac{y}{2})}{Q^2}$$

$$R = \frac{\pi (H_1^2 - D^2)}{(H_1^2 - H_2^2)}$$

الارتفاع من المخرج

$$Q = \frac{\pi_1 (H_1^2 - H_2^2)}{2\pi} = \frac{\pi_2 (H_1^2 - D^2)}{2R}$$

نقطة مناسبات

smooth → wading	uniform	50,3	2,714	0,577
	non-uniform	89		
corrugated → wading	uniform	21,82	2,714	0,5
	non-uniform	38		

$$Q = Q_1 B L$$

$$d \leq 15 \text{ cm}$$

$$F_s = 60 \%$$

$$d > 15 \text{ cm}$$

$$F_s = 75 \%$$

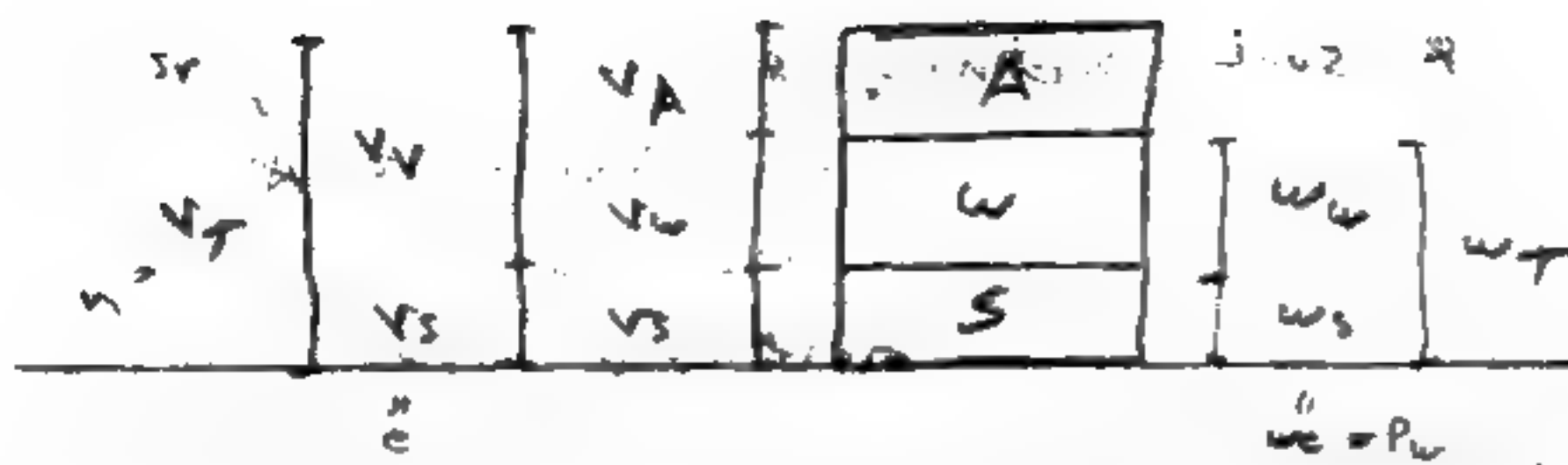
$$p = 85$$

الارتفاع

Reduction factor

$$p = 0,75$$

الارتفاع



الكثافة الحقيقية للجزيء = particle density, Real specific gravity

وزنه وحدة الحجم من حبيبات التربة الجافة عند 4°C  
وزنه وحدة الحجم من الماء عند 4°C

$$R_s = G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{w_s / v_s}{\gamma_w} \approx 2.65$$

الكثافة الظاهرية للجزيء = Bulk density, Apparent specific gravity

وزنه وحدة الحجم من حبيبات التربة الجافة  
وزنه وحدة الحجم من الماء

$$A_s = \frac{\gamma_b}{\gamma_w} = \frac{w_s / v_T}{\gamma_w} = \frac{w_s}{\gamma_w (v_v + v_s)}$$

Dry Bulk density

الكثافة الظاهرية الجافة

وزنه حبيبات التربة الجافة

الحجم الكلي للتربة الجافة

$$\gamma_{b \text{ dry}} = \frac{w_s}{v_T} = \frac{w_s}{v_v + v_s}$$

wet Bulk density

الكثافة الظاهرية الرطبة

وزنه التربة الرطبة  
حجم التربة الرطبة

$$\gamma_{b \text{ wet}} = \frac{w_T}{v_T}$$

$$n = 1 - \frac{A_s}{R_s}$$

$$e = \frac{R_s}{A_s} - 1$$

11

# \* soil wetness \*

dry-weight basis

$$P_w = \frac{w_w}{w_s}$$

نسبة الماء الجاف  
في التربة الجافة  
نسبة الماء الجاف في التربة الجافة

volume basis

$$P_v = \frac{V_w}{V_t}$$

نسبة الماء في التربة  
في التربة الجافة  
نسبة الماء في التربة الجافة

$$P_v = P_w \times A_s$$

depth basis

A factor D is used to convert the depth basis to the dry-weight basis

$$d = \frac{P_w \times D}{100} \quad D = \frac{P_w \times A_s}{100}$$

$$h = \frac{\sum d}{r}$$

نسبة الماء في التربة

$$E = \frac{d}{C_u} \quad \leftarrow \quad d = \frac{C_u}{100} \times ML (F_c - w_p)$$

$$u = 191 \quad \frac{K_p (F + 17.8)}{100} \quad \text{with feed month}$$

Blaney - criddle eq.

$$u = 4.57 \quad \frac{K_p (F + 17.8)}{100}$$

cal month

Greeve's eq.

$$u = 180 \quad K F C_d$$

Thornthwaite eq.

$$u = K_c P E_t$$

$$P E_t = 1.5 L_d \left( \frac{10.6}{I} \right)^9$$

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j$$

$$L = (0.2 - 0) = 0.2$$

$$u = 50,000000675 \quad I^3 - 0,0000771 I^2 + 0,0179 I + 0,49239$$



2



$$E_c = \frac{w_f}{w_r}$$

convenience

$$E_a = \frac{w_s}{w_f}$$

application

$$E_u = \frac{w_n}{w_f}$$

use

$$E_s = \frac{w_s}{w_n}$$

storage

$$E_d = \left(1 - \frac{y}{2}\right)$$

distribution

المرحلة	F. W. D	الوقت بالوقت
1	420	8 - 10
2	350	14 - 18
3	350	14 - 16
4	760	28 - 36
المجموع 1.1		

$$- F. W. D = \frac{\text{الوقت المطلوب} \times \text{عدد العمال}}{\text{عدد الأيام}}$$

$$- W. D_{\text{distribution}} = 1.1 \times F. W. D$$

$$Q_{\text{distribution}} = \frac{W. D_{oc} \cdot \text{Area served}}{24 \cdot 60 \cdot 60}$$

$$- W. D_{\text{main}} = \frac{W. D_{oc}}{2}$$

$$1.21 F. W. D / 2 = ?$$

$$Q_{\text{main}} = 1.1 Q_{D.C}$$

$$V = C \frac{R^{4/3} S^{1/2}}{\frac{A}{P}}$$

chezy eqn

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Manning eqn

40  
canal

33  
drain

canal

Buckley

$$y \leq 1.62$$

$$y \geq 1.62$$

$$y = \frac{b(5+8)^2}{650}$$

$$y \geq 1.62 \sqrt{b} \left( \frac{5}{2} + y \right)$$

shallow drain

$$b \leq 2m$$

$$b > 2m$$

$$y = 0.96 b$$

$$y = 1.5 \sqrt[3]{b}$$

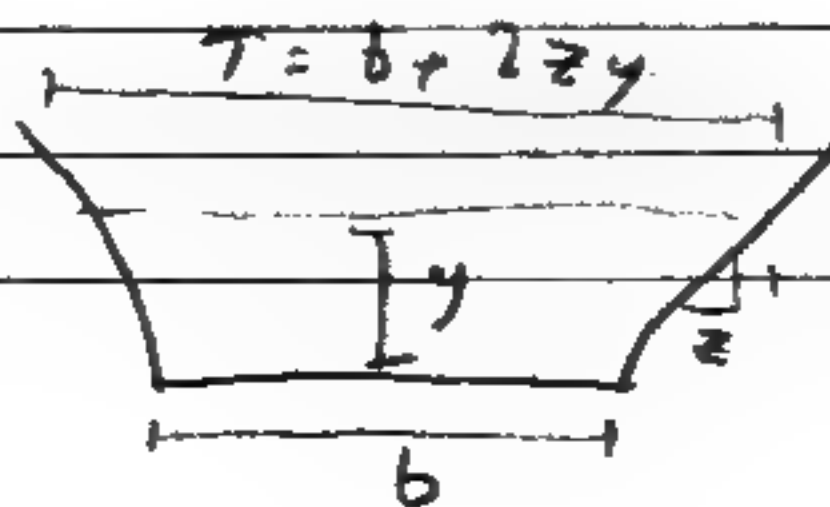
deep drain

$$b \leq 2m$$

$$b > 2m$$

$$y = b$$

$$y = 1.75 \sqrt[3]{b}$$




$$A = y(b + zy)$$

$$P = b + 2y\sqrt{1+z^2}$$



Course Name: Drainage Part  
Course Code: WSE 223  
Level: 2<sup>nd</sup> year Civil Eng. Division  
Dept: W. & Water Str. Eng.  
Term No. 2

  
Zagazig University  
Faculty of Engineering

Final Term Exam  
Date: June, 2009  
Time : 3 hrs  
No. of Pages: 1  
No. of Questions : 3

**Instructions:** Answer all given questions. Data needed and not given should be reasonably assumed. Clear and neat works are strongly appreciated.

**Question No.1(15 degrees)**

- a- Draw the hydrological cycle showing the sources of excess water on it.
- b- What are the assumptions of Dupuit, and derive the Donnan equation?
- c- Find the head loss at drains entry when:
  - the hydraulic conductivity is 0.2m/day
  - spacing between drains is 40m.
  - the water table height above drain level is 0.5m.
  - the distance between drains and the impermeable layer is 8.0m
  - the effective diameter of the drain is 10cm, and the resistance factor is 0.1

**Question No. 2(15 degrees)**

- a- Compare between open and covered drains, composite and singular system, and steady and non-steady state.
- b- Derive Amer and Luthin equation for non-steady state condition.
- c- Calculate the spacing between drains using Glover-Dumm equation if the initial water table is 1.0m below soil surface in an irrigated area if:
  - irrigation interval is 5 days.
  - irrigation quantity is 100 mm.
  - drainage factor is 0.25.
  - hydraulic conductivity is 1.2m/day.
  - soil depth is 4.0m.
  - moisture content at saturation is 48% and at field capacity is 38%.
  - the radius of the drain is 0.1m and the average depth of the drain is 2.0m.

**Question No. 3 (15 degrees)**

- a) Drive the hydraulic design equation of a transporting smooth pipe.
- b) Design a collector drain 1200m long with increasing diameter 15, 20, 25, .....cm respectively. The slope of the collector is 5cm/100m, width of the drained area 400m and drainage rate 3mm/day, considering cement and corrugated plastic pipes.
- c) 1- How can you express the concentration of salt in the water?  
2- The field irrigation efficiency is 75% and the conveyance efficiency is 92%. The maximum crop consumptive of water is 9 mm/day. If the salinity of irrigation water is 0.5 mmhos/cm and the salinity of the soil should not exceed 2560 ppm. Calculate the drainage coefficient and the rise in water table if the irrigation interval 10 days and the drainable porosity is 5%.



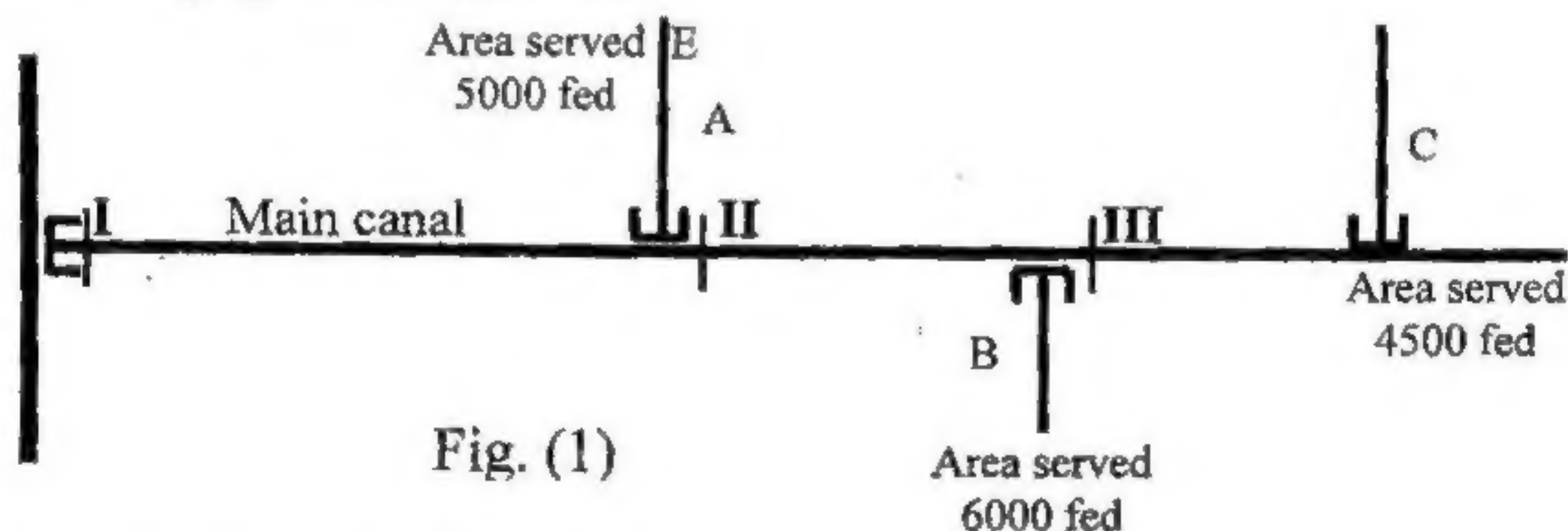
**Course Name: Irrigation Engineering**  
**Course Code: WSE 223**  
**Level : 2nd year Civil Eng. Division**  
**Department : W. & Water Str. Eng.**  
**Term No. : 2**



**final Term Exam**  
**Date : June 2009**  
**Time : 3 hr.**  
**No. of pages : 2**  
**No. of Questions : 2**

**Question No (1) (25 degrees)**

- a- Show with neat sketches the method of canal and drains alignment of a new reclaimed area of wavy land.
- b- A conveyance system for an irrigation project is as shown in figure (1). The main canal distribute its water for three branches A, B, C of area served 5000, 6000, and 4500 feddan respectively. The crop pattern of the total area is 50% cotton, 40% sharaki prepared for cultivating maize. The irrigation through branch canal is by lift and the working period is 6 days. It is required to:
- 1- Sketch a diagram of water application for the three turns within 36days.
  - 2- Calculate the field, branch and main canal water duties.
  - 3- Calculate the discharge of each branch canal.
  - 4- Calculate the area served at section I, II, and III of the main canal allowing 50% as a compensation factor for previous turn.
  - 5- Design the cross section of the main canal at section I for non-silting non-scouring conditions. ( $Z = 1$ ,  $1/n = 40$ ,  $S = 6$  cm/km)
  - 6- Draw to a reasonable scale a typical cross section of the main canal at sec. I showing all levels and dimensions ( Bank width 6m, land level = 18.50, Berm level = 19.50, vertical distance between bank and water surface = 1.5m).
  - 7- Check the seepage of the main canal



**Question No (2) (20 degrees)**

- a) Mention the advantages and the disadvantages of the sprinkler irrigation system
- b) A land of dimensions 480m width and 756m length is irrigated by a well as shown in fig. (2) using a semi-permanent sprinkler system, where the main and the sub-main lines are fixed. The following data are available
- 1- for the sprinkler
- Discharge =  $1.8\text{m}^3/\text{hr}$ , the effective circle = 40m, the operating pressure = 25m, the equivalent depth for sprinkler = 7mm/hr, the distance between sprinklers = 40% of effective circle, height of riser 60cm.



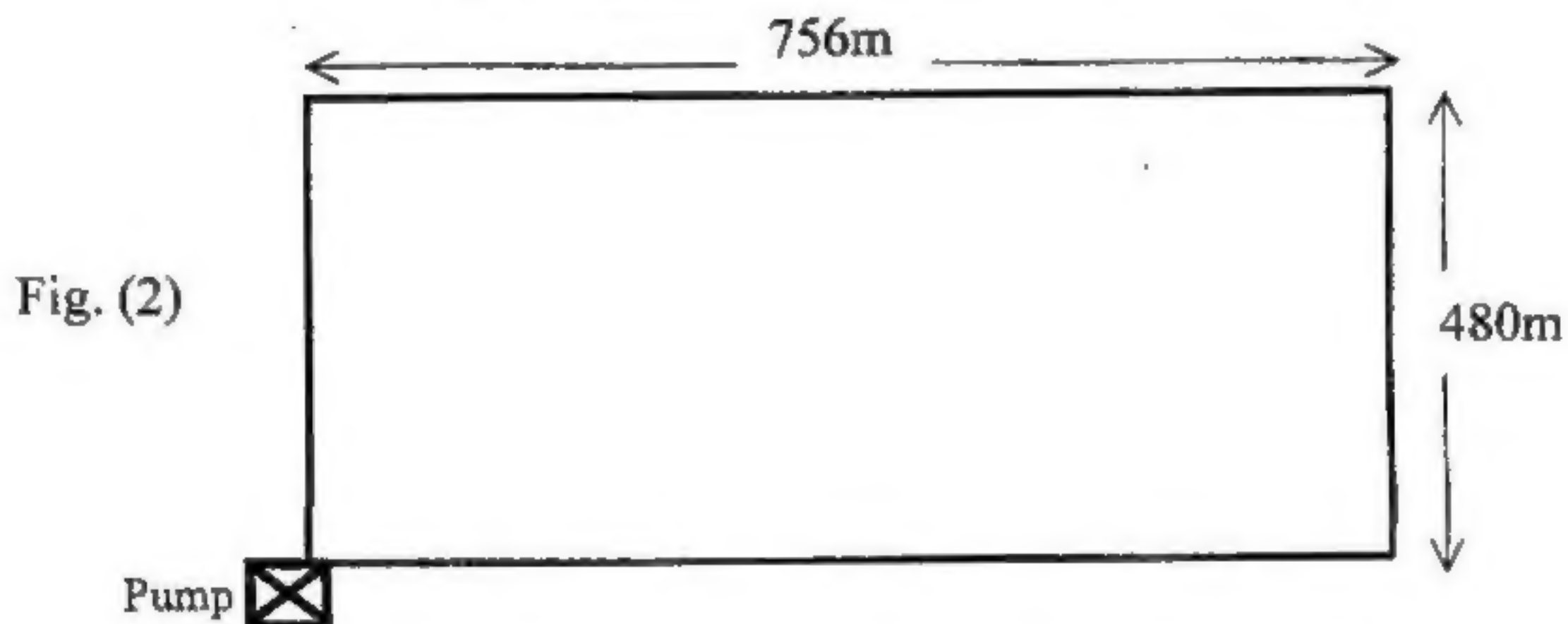
2-The net depth for irrigation 35mm/irr., the irrigation efficiency is 85%, and the branch canal has two turn rotation (4 days on and 4 days off).

It is required to :

- 1- layout the sprinkler system.
  - 2- Calculate the number of sprinklers per one lateral line.
  - 3- Calculate the number of lateral positions per one irrigation
  - 4- Calculate the number of laterals required for the total area.
  - 5- Calculate the discharge and the pressure at the beginning of the lateral.
- (The available diameter for lateral pipe is 10cm, reduction factor for multiple outlet = 0.379)

For diameter 10 cm

Q (lit/sec)	Friction loss in m/100m
5.68	0.605
6.31	0.738
7.57	1.04
8.33	1.4



c) Consider an irrigation project in which 15% of the water diverted is lost in conveyance. 30% of the water delivered to the project land is lost as surface run-off and deep percolation. 40% of the water stored in the soil is lost by evaporation. If the depth of water stored during the application in meter is varied along the area of the project as shown in figure (3). Calculate :

- 1- The water conveyance, the water application, and the water distribution efficiencies.
- 2- The percent of water consumed by the plant.

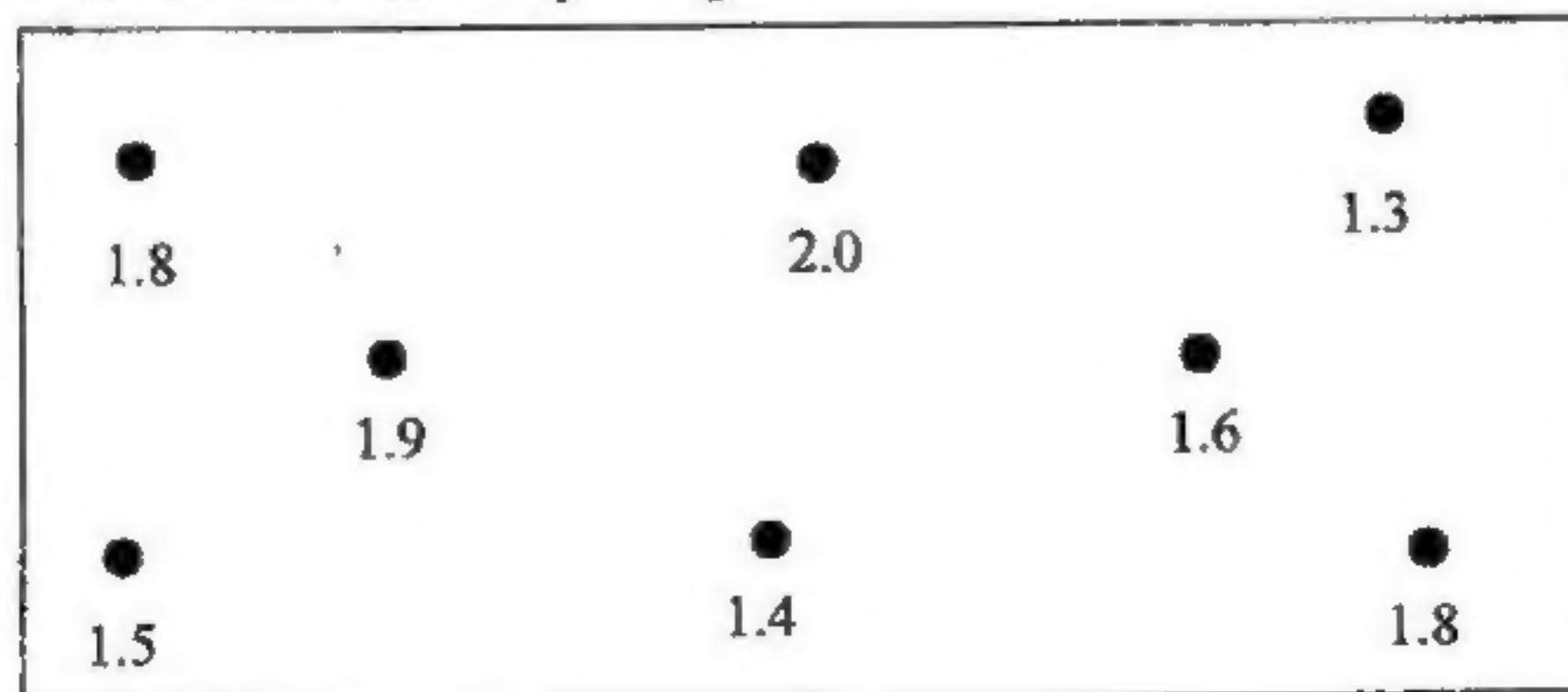


Fig. (3)

*Best wishes*



scanner & modified & upload  
by

Mahmoud Ashraf

contact info

titanic\_ship1912@yahoo.com